Université Paris Nanterre

200 av. de la République
92001 Nanterre Cedex
www.parisnanterre.fr

École doctorale 139 :
Connaissance, langage, modélisation

Laboratoire Fonctionnement et Dysfonctionnement Cognitifs

Belén Haza Gómez

La cognition sociale chez l'enfant atteint d'un trouble du déficit de l'attention/hyperactivité : état des lieux et développement d'un test du suivi des indices sociaux

Thèse présentée et soutenue publiquement le ***18 décembre 2023***

en vue de l'obtention du doctorat de Psychologie de l'Université Paris Nanterre

sous la direction de Laurence Conty et Charlotte Pinabiaux

Jury :

Rapporteur :	Arnaud Roy	Professeur, Université d'Angers
Rapporteuse :	Bahia Guellai	Professeure, Université Toulouse Jean Jaurès
Membre du jury :	Claire Vallat-Azouvi	Professeure, Université Paris 8
Membre du jury :	Bertrand Schoentgen	Docteur en Neuropsychologie, Réseau Aloïs
Membre du jury :	Charlotte Pinabiaux	Professeure, Université Paris Nanterre
Membre du jury :	Laurence Conty	Professeure, Université Paris Nanterre

Remerciements

Je souhaite tout d'abord remercier Laurence Conty et Charlotte Pinabiaux, qui ont toutes les deux dirigé mon travail de thèse. Après ces années de travail ensemble, il est difficile pour moi de vous exprimer toute ma reconnaissance. Je me considère très chanceuse d'avoir pu être encadrée par des directrices de thèse aux qualités si grandes, tant scientifiques qu'humaines. Dès le début, vous avez cru en moi et vous avez su me guider dans chacune des étapes de ce travail. Merci pour votre investissement, votre rigueur scientifique, nos séances de « brainstorming », vos conseils précieux et vos encouragements constants. Merci de m'avoir accompagnée et soutenue dans cette aventure qui, certainement, ne s'arrêtera pas là…

Je tiens à remercier également Arnaud Roy et Bahia Guellai qui me font l'honneur d'expertiser mon travail de thèse. Merci pour le temps consacré à lire et à évaluer ce travail.

Je souhaite remercier Claire Vallat-Azouvi d'avoir accepté de faire partie de mon jury de thèse ainsi que de sa bienveillance et son soutien, notamment lors des congrès de la SNLF.

J'adresse mes remerciements à Bertrand Schoentgen pour son accueil bienveillant au réseau Aloïs et pour tous les échanges enrichissants que nous avons eu sur ce projet. Je suis honorée qu'il ait accepté de participer à ma soutenance de thèse.

Je tiens à remercier Corentin Gosling de m'avoir formée à la réalisation des méta-analyses, de son expertise en statistiques, de sa disponibilité, ainsi que pour tous ses conseils et encouragements. Merci également de son sens du détail qui m'a incitée à aller plus loin et à améliorer davantage ce travail.

Un grand merci à Jawel Mersali, ingénieur informaticien, qui est derrière tout le travail de développement de l'outil informatisé.

Je remercie Fabien Cerrotti, ingénieur de recherche, pour son aide et ses conseils en statistiques, mais également pour tous les moments partagés ensemble.

Merci à l'ensemble des neuropsychologues qui ont pris part à ce projet, ainsi qu'à ceux qui ont généreusement consacré leur temps pour discuter des aspects cliniques de notre outil et nous donner des conseils pour son développement. Merci tout particulièrement à Cassandre Clément, Romain Provendier, Clarisse Duchon et Perrine Bonnet, sans lesquels ce travail n'aurait pas pu voir le jour. Une mention spéciale à Cassandre pour son investissement et pour tous les moments précieux que nous avons partagés entre Paris et Nantes !

Mes remerciements à l'ensemble des établissements qui ont participé à ce projet. Merci à tous les directeurs de m'avoir permis de rejoindre leurs écoles, ainsi qu'aux enseignants pour leur accueil et leur bienveillance. Je remercie également la DSDEN-92 de m'avoir permis de conduire ma recherche dans des écoles du département des Hauts-de-Seine. Enfin, merci à tous les enfants qui ont joué le jeu, ainsi qu'aux parents qui ont accepté de participer.

Je tiens à remercier l'ensemble des membres du laboratoire DysCo et des autres laboratoires. Merci en particulier à Antonine Goumi, Marie de Montalembert et Emmanuel Schneider pour leurs enseignements et leur bienveillance tout au long de mon parcours. Merci également à Alexandre Coutté et Virginie Beaucousin d'avoir fait partie de mon comité de suivi individuel et de m'avoir donné des conseils très pertinents pour le bon déroulement de ma thèse.

Je remercie tous les doctorants que j'ai rencontré au cours de ces trois années. Tout d'abord, l'équipe de Laurence, qui ont été les premiers à m'accueillir : Julien et Élise. Ensuite, les doctorants (ou ex-doctorants) du laboratoire DysCo : Hélène, Lise, Sarah, Gaëtan, Guillaume, Jeanne, Victoria et Marie-lys. Et enfin, tous les doctorants de la C14 : Louise, Léonie, (Dr) Simon, Tristan, Roxane, Samantha, Guillaume, Quentin, Laura, Juliette, Jeanne, Sandra, Léo, Carla, Chloé (et encore d'autres !). Merci pour tous les moments d'entraide, pour les soirées, les rires, mais aussi pour vos conseils et votre soutien dans les périodes plus difficiles. Vous avez tous contribué à rendre ces trois années de thèse inoubliables !

Je tiens à remercier ma super équipe d'étudiants et de stagiaires pour tout le travail effectué ensemble, et notamment pour avoir réalisé des passations dans les écoles : Yoann, Flavia, Laetitia, Maud, Vanessa, Sandrine, Camille, Lila et Elsa.

Mes remerciements également à mes proches. Merci à Leslie et Mélisande d'avoir su être un soutien sans faille depuis mon arrivée à Paris. Un grand merci à Susi pour son écoute, son aide et ses conseils précieux, mais aussi d'avoir pris le temps de lire ce manuscrit. Merci à Barbara et Amaya pour tous les moments passés ensemble, d'abord à Toulouse, et ensuite à Paris. Je remercie également mes amis de longue date qui, même en étant si loin de moi, ont été un soutien important et ont même fait de longues distances pour les retrouvailles : Carmen, Paula, Laura, Carlota, Mari, Antonio, Pipe, Margaux, Clara, Estrella, Ana...

Merci à Romain pour son soutien, sa patience, ses encouragements dans les périodes difficiles… Merci pour tout.

Enfin, je ne remercierais jamais assez ma famille qui, malgré la distance, a toujours été à mes côtés et m'a soutenu dans tout ce que j'ai fait. Merci tout particulièrement à mon père, mon frère, mes deux tantes et à Belén. *Gracias por todo.*

Une pensée spéciale pour ma mère, qui a toujours été pour moi un exemple de force et de persévérance. J'espère qu'elle serait fière de moi et de ce travail… *Es para ti.*

Résumé

De nombreux enfants atteints d'un trouble du déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDAH) rencontrent des difficultés dans le fonctionnement social qui affectent leurs relations avec leurs pairs et leur famille. Toutefois, il n'existe pas de consensus quant aux dimensions sociocognitives affectées chez ces enfants et peu d'outils sont disponibles pour les évaluer. Le premier objectif de cette thèse était de réaliser un état des lieux des capacités sociocognitives des enfants et adolescents atteints d'un TDAH au moyen d'une méta-analyse. En rassemblant les données de 142 études uniques, nous avons généré un total de 652 tailles d'effet comparant des enfants et adolescents ayant un TDAH (n = 7983) et des enfants et adolescents au développement typique (n = 8300) dans les domaines de la théorie de l'esprit, de l'empathie, de la reconnaissance des émotions faciales et non faciales ainsi que des compétences sociales au quotidien. Nos résultats indiquent la présence de déficits importants et robustes en théorie de l'esprit, en reconnaissance des émotions faciales et dans les compétences sociales quotidiennes chez les enfants souffrant d'un TDAH. De plus, ils soulignent le besoin de développer des outils pour identifier les enfants qui rencontrent ces difficultés, et ce, afin d'améliorer leur prise en charge. Des travaux antérieurs ont révélé que les enfants souffrant d'un TDAH montrent également, en moyenne, des difficultés à prêter attention et répondre à la direction du regard d'autrui, un processus qui émerge très tôt dans la cognition humaine et qui serait un élément fondateur d'une cognition sociale plus élaborée**.** Notre deuxième objectif était de développer un outil clinique permettant d'identifier si un enfant donné atteint d'un TDAH suit spontanément les indices sociaux tels que le regard ou le pointage du doigt. Afin de calculer des normes, un étalonnage a été réalisé sur un échantillon de 339 enfants au développement typique, âgés de 6 à 10 ans, en prenant en compte l'âge et le sexe. Nous avons également vérifié la fidélité de l'outil auprès d'un groupe d'enfants supplémentaire, testé à deux reprises espacées de trois semaines. Dans une troisième étude, nous avons testé l'outil auprès de 11 enfants âgés de 6 à 10 ans et diagnostiqués d'un TDAH. Nos résultats préliminaires suggèrent que l'outil est sensible pour détecter des difficultés de suivi du regard auprès de ces enfants. Des inclusions supplémentaires d'enfants souffrant de TDAH seront nécessaires pour tester la sensibilité de l'outil et évaluer sa validité de construit. L'ensemble de notre travail révèle, sur le plan de la recherche, la nécessité de développer des tests de cognition sociale dont les qualités psychométriques sont dûment vérifiées. Sur le plan clinique, il révèle le besoin d'évaluer de façon systématique le fonctionnement social des enfants suspectés de TDAH, et ce, en diversifiant les outils de mesure et les dimensions évaluées.

Mots-clès : TDAH, cognition sociale, suivi des indices sociaux, évaluation neuropsychologique, méta-analyse

Abstract

Children with attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD) often show social dysfunction that affects their relationships with their peers and family. However, the socio-cognitive processes affected in these children remain unclear and there is a scarcity of tools available for assessing these processes. The first aim of this work was to review the socio-cognitive abilities of children and adolescents with ADHD by conducting a meta-analysis. By combining data from 142 unique studies, we generated a total of 652 effect sizes comparing children and adolescents with ADHD (n = 7983) to children and adolescents with typical development (n = 8300) in theory of mind, empathy, facial and non-facial emotion recognition, and everyday social skills. Our findings indicate significant and robust deficits in theory of mind, facial emotion recognition and everyday social skills in children and adolescents with ADHD. These results highlight the need to develop tools to identify children facing these difficulties, in order to improve their care. Previous research has also shown that children with ADHD, on average, have difficulties in attending and responding to others' gaze, a process that emerges early in human cognition and is considered a good predictor of advanced social cognition. Our second aim was to develop a clinical tool that will allow neuropsychologists to identify whether a given child with ADHD spontaneously follows social cues (i.e., gaze or pointing gesture). To calculate norms, we conducted a calibration in a sample of 339 typically developing children, aged 6 to 10, taking into account age and gender. We also assessed the tool's reliability by testing it on an additional group of children twice, with a three-week interval between tests. In a third study, we tested the tool in 11 children aged 6 to 10 years and diagnosed with ADHD. Our preliminary results suggest that the tool is sensitive in detecting difficulties in following social cues in these children. Further inclusions of children with ADHD will be necessary to test the tool's sensitivity and assess its construct validity. From a research point of view, our work reveals the need to develop tests of social cognition whose psychometric qualities have been duly verified. From a clinical point of view, it reveals the need to systematically assess the social functioning of children suspected of having ADHD, by diversifying assessment tools.

Key words: ADHD, social cognition, social cues following, neuropsychological assessment, meta-analysis

Table des matières

Remerciements **3**

Résumé **5**

Abstract **7**

Table des matières **9**

Introduction générale **13**

Partie théorique **15**

Chapitre 1 - Le trouble du déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDAH) **17**

1. Prévalence du trouble 17
2. Caractéristiques cliniques 19

2.1. Symptomatologie 19

2.2. Évaluation diagnostique et classifications 20

2.3. Comorbidités 23

3. Neuropsychologie du TDAH 25

3.1. Mécanismes cognitifs 25

3.2. Profils cognitifs 29

3.2.1. Modèles du TDAH à une seule facette cognitive 29

3.2.2. Vers une hétérogénéité des troubles cognitifs 32

3.3. Prise en charge neuropsychologique 34

Chapitre 2 - La cognition sociale dans le TDAH : quels domaines atteints ? **41**

1. La cognition sociale : développement typique 41

1.1. Définitions et modèles théoriques 41

1.2. Structure de la cognition sociale 44

1.2.1. Reconnaissance des émotions 45

1.2.2. Théorie de l'esprit 47

1.2.3. Empathie 50

1.3. Bases cérébrales de la cognition sociale 53

2. État des lieux de la cognition sociale dans le TDAH 56

2.1. Domaines sociaux atteints 56

2.1.1. Reconnaissance des émotions 57
2.1.2. Théorie de l'esprit 59
2.1.3. Empathie 60
2.1.4. Compétences sociales au quotidien 61
2.2. Quel impact des fonctions cognitives non sociales ? 63
2.3. Limites des études : quelles solutions ? 65
2.4. Méthodologie de la méta-analyse 67
2.4.1. Question de recherche 68
2.4.2. Recherche, sélection et extraction 69
2.4.3. Synthèse des données 70
2.4.4. Biais dans les méta-analyses 71

Chapitre 3 - Évaluer le suivi des indices sociaux dans le TDAH : quel intérêt ? 75

1. L'attention visuelle conjointe 75
1.1. Définitions et modèles théoriques 75
1.2. Bases cérébrales de l'attention conjointe 81
2. Étudier le suivi des indices sociaux 83
2.1. Le paradigme de Posner (1980) 83
2.2. Le suivi du regard 85
2.2.1. Études chez l'adulte 85
2.2.2. Études développementales 89
2.3. Le suivi du pointage du doigt 91
2.3.1. Études chez l'adulte 91
2.3.2. Études développementales 92
2.4. Cumul de plusieurs indices sociaux 95
3. Évaluation du suivi des indices sociaux dans le TDAH 98
3.1. Le suivi des indices sociaux dans le TDAH 98
3.2. Évaluation du suivi des indices sociaux 102
3.3. Développement d'un test neuropsychologique 106
3.3.1. Calcul des données normatives 106
3.3.2. Critères psychométriques 109
3.3.3. Quelles pratiques en neuropsychologie ? 111

Chapitre 4 - Synthèse des objectifs 113

Partie expérimentale 117

Étude 1 - Méta-analyse de la cognition sociale dans le TDAH 119

1. Objectifs 119
2. Méthode 119
3. Analyses 120
4. Résultats principaux 121
5. Conclusion 121
6. Article n°1 122

Méthodologie générale des études 2 et 3 153

1. Accords éthiques 153
2. Participants 153
3. Procédure générale 154
   3.1. Procédure de TooN 154
   3.2. Autres tests neuropsychologiques 154
   3.3. Adaptation de TooN pour les neuropsychologues 155
4. Analyses 156

Étude 2 – Étalonnage et fidélité de TooN 157

1. Objectifs 157
2. Méthode 157
3. Analyses 161
4. Résultats principaux 161
5. Conclusion 164
6. Article n°2 164

Étude 3 - Validation de TooN 211

1. Objectifs 211
2. Méthode 211
3. Analyses 212
4. Résultats principaux 212
5. Conclusion 213
6. Article n°3 213

Discussion générale 253

Résumé des résultats **255**

Le suivi des indices sociaux dans le TDAH **257**

1. Le suivi du regard : un mécanisme atteint dans le TDAH 257
2. Qu'en est-il du suivi du pointage ? 259
3. La question de la condition contrôle 260

Limites dans l'étude de la cognition sociale et du TDAH **263**

1. La question du TDAH 263
2. La question de la cognition sociale 264

2.1. La catégorisation des construits 265

2.2. La validité des tests en pratique clinique 266

2.3. Serait-il préférable d'utiliser des questionnaires ? 270

2.4. La spécificité des troubles 270

Perspectives cliniques et de recherche **275**

1. Évaluation du suivi des indices sociaux 275
2. Et après l'évaluation ? 276
3. Nos perspectives de recherche 277

Conclusion générale **281**

Bibliographie **283**

Index des tableaux et des figures **331**

Index des abréviations **333**

Communications scientifiques **335**

Annexes **339**

Annexe 1 : Critères diagnostiques du TDAH selon le DSM-5 339

Annexe 2 : Stratégies de recherche 343

Annexe 3 : Checklist PRISMA 346

Annexe 4 : Caractéristiques socio-culturelles de l'échantillon d'étalonnage 349

Introduction générale

Le trouble du déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDAH) est l'un des syndromes les plus communs chez les enfants et les adolescents. Il se manifeste par des symptômes d'inattention et/ou d'hyperactivité/impulsivité, ayant un retentissement important sur le fonctionnement cognitif, scolaire et social de ces enfants. Les recherches sur le TDAH, au départ centrées sur la triade de symptômes (i.e., inattention, hyperactivité, impulsivité), ont progressivement évolué pour tenir compte du caractère hétérogène du trouble, en intégrant l'observation d'autres symptômes, tels que les difficultés sociales. Ces travaux ont montré que ces enfants rencontrent d'importants problèmes relationnels avec leurs pairs et leur famille, pouvant être à l'origine de dysfonctionnements à l'adolescence et à l'âge adulte. Plusieurs facteurs déterminants peuvent contribuer à l'altération des interactions sociales quotidiennes, telles que des difficultés à traiter, comprendre et répondre aux informations sociales.

La cognition sociale est un domaine complexe qui englobe l'ensemble des fonctions cognitives permettant de traiter les informations sociales et d'interagir avec les autres personnes. Ce concept a été initialement étudié dans le domaine de la psychologie sociale. Ces dernières décennies, l'observation d'altérations dans le comportement de patients à la suite de lésions cérébrales a toutefois conduit les chercheurs en neuropsychologie clinique à explorer la cognition sociale dans le contexte de diverses pathologies, dont le TDAH. Bien que des difficultés de cognition sociale aient été montrées chez les enfants souffrant d'un TDAH, il convient de noter que la cognition sociale est un construit multidimensionnel et, à ce jour, il n'existe pas de consensus quant aux dimensions sociocognitives affectées. Dans cette optique, **le premier objectif** de cette thèse est de réaliser un état des lieux des difficultés de cognition sociale et des compétences sociales au quotidien chez les enfants atteints d'un TDAH, en utilisant une approche de méta-analyse.

À l'heure actuelle, pour déterminer si les enfants atteints d'un TDAH présentent des altérations de la cognition sociale, les études se reposent généralement sur le paradigme classique des sciences expérimentales, consistant à comparer les performances moyennes d'un groupe d'enfants avec troubles à celles d'un groupe d'enfants sans troubles. Néanmoins, il est essentiel de souligner que tous les enfants atteints de TDAH ne rencontrent pas systématiquement de telles difficultés. Puisque la présence de déficits sociaux entraîne des répercussions importantes dans le quotidien de ces enfants, il est essentiel d'identifier les enfants rencontrant des

difficultés pour adapter leur prise en charge. Toutefois, à ce jour, il existe très peu d'outils d'évaluation de la cognition sociale étalonnés et validés, notamment dans la population pédiatrique. De plus, les tâches de cognition sociale évaluent souvent des aptitudes sociocognitives très complexes (e.g., théorie de l'esprit[1]), dans lesquelles de nombreux processus cognitifs (e.g., langage) sont impliqués. Il serait ainsi pertinent de développer des outils évaluant des aptitudes plus basiques la cognition sociale. À cet égard, des études ont révélé que les enfants souffrant d'un TDAH rencontrent, en moyenne, des difficultés à prêter attention et répondre à la direction du regard d'autrui, un processus qui émerge très tôt dans la cognition humaine et qui serait fondateur d'une cognition sociale plus élaborée**. Le deuxième objectif** de cette thèse est de développer un outil d'évaluation, qui permettrait aux psychologues spécialisés en neuropsychologie (désignés par la suite « neuropsychologues ») de déterminer si un enfant donné atteint d'un TDAH rencontre une difficulté à suivre les indices sociaux non-verbaux (i.e., le regard et le pointage du doigt) d'une autre personne.

Ce manuscrit contient une partie théorique, une partie expérimentale et une partie discussion. En premier lieu, **la partie théorique** est composée de trois chapitres. Le premier présente les caractéristiques cliniques du TDAH et sa prise en charge neuropsychologique. Les deux chapitres suivants s'inscrivent dans une perspective développementale en présentant aussi bien les travaux conduits dans le développement typique que dans le TDAH. Le deuxième chapitre s'intéresse aux travaux sur la cognition sociale et le troisième chapitre plus spécifiquement aux travaux sur le suivi des indices sociaux non-verbaux. Ces trois chapitres sont articulés de sorte à mettre en lumière la nécessité de développer des tests neuropsychologiques pour évaluer les aptitudes en cognition sociale des enfants atteints d'un TDAH. En second lieu, **la partie expérimentale** de ce manuscrit comporte trois études. La première présente un état des lieux des altérations de la cognition sociale dans le TDAH au moyen d'une méta-analyse. Les deux études suivantes visent à développer et valider l'outil d'évaluation du suivi des indices sociaux non-verbaux. En effet, la deuxième étude présente l'étalonnage de l'outil et la vérification de sa fidélité test-retest chez des enfants au développement typique et la troisième étude présente la validation de l'outil chez les enfants souffrant d'un TDAH. Enfin, **la partie discussion** abordera aussi bien des résultats au regard de la littérature, que des perspectives cliniques et de recherches futures.

[1] La théorie de l'esprit désigne la capacité à attribuer des états mentaux (i.e., intentions, émotions, pensées, croyances) à d'autres personnes.

Partie théorique

Chapitre 1 - Le trouble du déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDAH)

Dans ce chapitre, consacré aux généralités sur le trouble du déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDAH), nous proposons d'examiner la prévalence du trouble et les caractéristiques cliniques liées à son évaluation diagnostique. Les altérations cognitives des enfants atteints de TDAH seront ensuite détaillées en insistant sur le caractère hétérogène du trouble et le besoin d'offrir une prise en charge individualisée. Ce dernier point nous permettra d'aborder la question de la prise en charge neuropsychologique de ces enfants.

1. Prévalence du trouble

Au cours des dernières années, diverses enquêtes ont été menées à travers le monde afin d'estimer la prévalence du TDAH. Les résultats de ces études ont révélé des taux de prévalence très variables, allant de 1 à 20 % chez les enfants (Bird, 2002 ; Faraone et al., 2003 ; Larson et al., 2011 ; Polanczyk et al., 2007). L'une des principales raisons de cette variabilité est fort probablement la diversité d'outils diagnostiques disponibles et le caractère subjectif de l'évaluation des symptômes. En effet, le diagnostic de TDAH est souvent établi à l'aide d'un entretien clinique avec les parents et l'enfant, ainsi qu'en recueillant les réponses des parents et/ou des enseignants à des questionnaires évaluant la symptomatologie. Ainsi, l'estimation de la prévalence dépend à la fois des approches diagnostiques employées et des informations apportées par les proches et les professionnels de santé.

Malgré les difficultés à estimer la prévalence du TDAH, cette pathologie neurodéveloppementale figure parmi les plus fréquentes chez les enfants et les adolescents, avec une prévalence plus élevée chez les garçons que chez les filles (Willcutt, 2012). Polanczyk et al. (2007) ont conduit une méta-analyse en intégrant 102 études afin de calculer une estimation de la prévalence du TDAH dans le monde chez les enfants et adolescents ainsi que de déterminer les facteurs responsables de la variabilité des estimations. Leurs résultats indiquent que 5,29 % des enfants présentent un TDAH. Cependant, les estimations étaient très variables d'une étude à l'autre, pouvant s'expliquer par de fortes différences méthodologiques

entre les études, telles que les critères diagnostiques (e.g., DSM-IV[2], CIM-10[3]), les sources d'information pour rapporter les symptômes (e.g., auto- ou hétéro-évaluation) ainsi que la prise en compte de la gêne fonctionnelle lors du diagnostic. La localisation géographique permettait d'expliquer dans une moindre mesure les variations d'estimation. En effet, quelques différences ont été détectées entre les études menées en Amérique du Nord et celles conduites en Afrique et au Moyen-Orient, tandis qu'aucune différence n'a été rapportée dans les taux de prévalence entre l'Amérique du Nord et l'Europe. En 2012, Willcutt a conduit une méta-analyse portant sur 86 études qui se basaient exclusivement sur les critères du DSM-IV pour diagnostiquer le TDAH. Les résultats ont révélé des estimations allant de 5,9 à 7,1 % chez les enfants et les adolescents. La prévalence variait principalement en fonction de la source d'information utilisée pour établir le diagnostic, mais ne dépendait pas, cette fois, de la localisation géographique (Willcutt, 2012). Ainsi, l'une des principales raisons de la variabilité des estimations réside dans le manque de consensus dans la procédure du diagnostic, reflétant le besoin de mieux définir les caractéristiques cliniques du TDAH.

En ce qui concerne les adultes, il y a eu moins de tentatives pour estimer la prévalence du TDAH. Dans une méta-analyse, Song et al. (2021) ont rapporté une prévalence de 2,58 % lorsque les individus présentaient à la fois un début de TDAH dans l'enfance et des symptômes à l'âge adulte. Cependant, lorsque les auteurs ne s'intéressaient qu'à la symptomatologie à l'âge adulte, la prévalence augmentait à 6,76 %. Comme chez les enfants, les auteurs ont rapporté une importante hétérogénéité dans l'estimation de la prévalence au sein des études. Cette variabilité pourrait s'expliquer aussi bien par la diminution de la prévalence au cours de l'âge que par les différences méthodologiques (e.g., critères diagnostiques) et de définition de la symptomatologie du TDAH (e.g., présence de symptômes uniquement à l'âge adulte ou présence de symptômes à la fois dans l'enfance et à l'âge adulte). Ces résultats soulèvent également la question de la stabilité du trouble, dont les symptômes persistent dans environ 50 % des cas à l'âge adulte (Lara et al., 2009).

[2] Manuel Diagnostique et Statistique des troubles Mentaux, 4ème édition (American Psychiatric Association, 2000).

[3] Classification Internationale des Maladies, 10ème révision (World Health Organization, 1992).

2. Caractéristiques cliniques

2.1. Symptomatologie

Le TDAH se caractérise au premier plan par trois symptômes cliniques : l'inattention, l'hyperactivité et l'impulsivité.

L'inattention est le symptôme le plus difficile à repérer, notamment chez l'enfant de moins de 6 ans. Il est souvent identifié à partir de l'entrée en primaire (Sainsbury et al., 2023), lorsque le besoin de concentration des enfants dans les tâches scolaires s'accroît notablement, aussi bien à l'école qu'à la maison, particulièrement lors de la réalisation des devoirs. L'inattention est le symptôme le plus fréquent chez les filles, qui présentent souvent une absence des symptômes d'impulsivité et d'hyperactivité (Willcutt, 2012), rendant la mise en place du diagnostic plus difficile. En effet, les symptômes d'inattention peuvent facilement passer inaperçus et n'être suspectés que tardivement, devant un échec scolaire inexpliqué. Elle se manifeste par la combinaison de plusieurs dysfonctionnements, notamment en ce qui concerne le maintien attentionnel au cours du temps, la sélection de l'information ainsi que l'inhibition de distracteurs (Barkley, 1997 ; Griffiths et al., 2017 ; Klorman, 1991 ; Seidman, 2006). Plus concrètement, les difficultés d'attention apparaissent dans le comportement sous la forme d'une incapacité à se concentrer dans des tâches scolaires, mais également dans des jeux de loisirs qui présentent des règles contraignantes ou qui nécessitent d'importantes ressources attentionnelles. Ces activités, qui demandent d'importants efforts cognitifs, sont souvent évitées. De plus, les enfants souffrant de TDAH sont fréquemment décrits comme « rêveurs » ou étant souvent « dans la lune ». Ils semblent ne pas entendre ce que les autres leur disent, ils sont distraits et sensibles aux bruits et mouvements qui peuvent survenir dans leur champ de vision (Locret-Capon & Bioulac, 2016). Ces difficultés de concentration ne semblent en revanche pas présentes lors d'activités plaisantes, comme par exemple, lors des jeux vidéo (Bioulac et al., 2008). Ces enfants ont également du mal à finir une tâche qu'ils ont débuté et ont souvent besoin du soutien de l'adulte pour l'accomplir. Enfin, ils rencontrent des difficultés à suivre de longues conversations et ils ont tendance à faire répéter plusieurs fois les consignes ainsi qu'à oublier ou perdre leurs affaires (Locret-Capon & Bioulac, 2016).

L'hyperactivité est plus fréquente chez les garçons que chez les filles (Willcutt, 2012). C'est le symptôme le plus visible et sa présence permet donc un diagnostic plus simple et précoce. En effet, elle consiste en une agitation motrice incessante et intense, qui va rapidement alerter

l'entourage de l'enfant. Cependant, ce symptôme ne s'accompagne pas nécessairement de l'inattention, ce qui peut en contrepartie rendre le diagnostic plus tardif. Sur le plan comportemental, l'hyperactivité se manifeste par une difficulté à rester assis aussi bien pendant le cours que lors de repas ou de jeux de loisirs. L'enfant a tendance à courir et grimper partout dans des situations inappropriées, ainsi qu'à bouger les mains, les pieds et à se tortiller sur son siège. Il est décrit comme « étant sur la brèche » ou « monté sur des ressorts ». L'enfant peut même se mettre en danger (e.g., il grimpe ou saute dans des endroits inadéquats, il chute ou se brûle) et doit constamment être surveillé par un adulte (Locret-Capon & Bioulac, 2016). De plus, ces symptômes sont à l'origine de comportements socialement inadaptés et parasitent la relation à l'autre (Nijmeijer et al., 2008). Ils entraînent donc une mise à l'écart de l'enfant et induisent des dysfonctionnements familiaux et scolaires, avec notamment des remarques négatives constantes, qui alimentent une faible estime de soi (Catale & Meulemans, 2013).

L'impulsivité peut être à la fois motrice et cognitive (Purper-Ouakil et al., 2006). Elle représente la difficulté à inhiber une réponse automatique au profit d'un comportement contrôlé. Ce symptôme se manifeste notamment par des réponses rapides, qui peuvent être inadaptées. L'impulsivité se traduit cliniquement par des interruptions de la parole des autres personnes, des difficultés à attendre son tour de parole, une intolérance générale à l'attente ainsi que des difficultés d'organisation, en particulier dans le contexte scolaire. Elle est souvent à l'origine d'accidents (e.g., accidents de la voie publique) en raison de la tendance de l'enfant à prendre des risques sans en mesurer les conséquences. De plus, comme l'enfant se précipite dans ses réponses, il a tendance à commettre de nombreuses erreurs. Par exemple, l'enfant ne va pas prendre le temps de lire la consigne ou de réfléchir avant de répondre lors de la réalisation d'exercices, tels que des problèmes mathématiques (Locret-Capon & Bioulac, 2016). Tout comme l'hyperactivité, les symptômes d'impulsivité peuvent entraîner un rejet des pairs, en raison des interruptions de parole constantes, des difficultés à attendre son tour ainsi que des propos blessants envers les autres (Nijmeijer et al., 2008).

2.2. Évaluation diagnostique et classifications

Le diagnostic de TDAH est difficile à poser en raison, d'une part, de la variabilité symptomatologique liée à l'aspect développemental du trouble et, d'autre part, de la présence fréquente de symptômes d'inattention et d'impulsivité chez les enfants tout-venants sans être véritablement pathologiques. Afin de considérer un symptôme comme pathologique, il est

indispensable de le comparer au stade développemental typique correspondant et d'évaluer sa sévérité et son impact fonctionnel (Locret-Capon & Bioulac, 2016).

Le diagnostic de TDAH se réalise souvent à l'aide d'un entretien clinique avec les parents et l'enfant, permettant de recueillir de nombreuses informations telles que le motif de consultation, la plainte, le contexte familial, le mode de vie, le niveau et le parcours scolaire ainsi que l'histoire prénatale, développementale et médicale. À cette évaluation clinique, peut s'ajouter une évaluation avec des échelles psychométriques, complétées par les parents et/ou les enseignants, qui permettent de mesurer la symptomatologie de l'enfant (e.g., *Child Behavior Checklist* [CBCL], Achenbach, 1991 ; échelles de Conners, 2008 ; *Behavior Rating Inventory of Executive Function* [BRIEF], Gioia et al., 2000). Même si le diagnostic ne peut pas être posé uniquement sur la base de ces échelles, ces dernières permettent au professionnel d'obtenir des informations précieuses sur des comportements non observables pendant l'entretien clinique et peuvent ainsi orienter le diagnostic.

À ce jour, la classification la plus souvent utilisée pour diagnostiquer le TDAH est la 5ème édition du manuel Diagnostique et Statistique des troubles Mentaux (DSM-5, American Psychiatric Association, 2013, p. 67-69). Le DSM-5 décrit 18 symptômes cliniques qui peuvent être présents dans le TDAH : neuf symptômes d'inattention (e.g., « a souvent du mal à soutenir son attention au travail ou dans les jeux ») et neuf symptômes d'hyperactivité/impulsivité (e.g., « remue souvent les mains ou les pieds, ou se tortille sur son siège »). Pour diagnostiquer un TDAH, l'enfant doit présenter au moins six symptômes d'inattention et/ou six symptômes d'impulsivité/hyperactivité. Chez l'adulte, seulement cinq symptômes sont nécessaires. Ces derniers doivent apparaître avant l'âge de 12 ans, doivent être présents dans au moins deux domaines différents (e.g., à la maison et à l'école), doivent provoquer une gêne significative dans le fonctionnement social, scolaire ou professionnel et ne sont pas mieux expliqués par un autre trouble. Selon les symptômes identifiés, trois présentations cliniques peuvent être diagnostiquées : la présentation inattentive dominante, la présentation hyperactive/impulsive dominante et la présentation combinée. De plus, le DSM-5 propose trois degrés de sévérité (i.e., léger, moyen ou grave), qui dépendent du profil symptomatologique et des répercussions sur le plan social, scolaire ou professionnel (cf. Annexe 1 : Critères diagnostiques du TDAH selon le DSM-5). Par exemple, un enfant qui présente huit symptômes d'inattention et quatre symptômes d'hyperactivité ayant de fortes répercussions fonctionnelles sera diagnostiqué avec une présentation inattentive grave. En revanche, un enfant qui présente six symptômes

d'inattention et six symptômes d'hyperactivité/impulsivité avec moins de gène fonctionnelle sera diagnostiqué avec une présentation combinée légère (Barkley, 2015).

Bien que les critères diagnostiques du DSM-5 soient similaires à ceux du DSM-IV-TR[4], quelques modifications ont été effectuées, notamment en ce qui concerne l'âge d'apparition des symptômes (12 ans au lieu de 7 ans) et du nombre de symptômes nécessaires pour diagnostiquer un TDAH chez l'adulte (cinq symptômes au lieu de six). Ces modifications ont été effectuées afin de faciliter le diagnostic à l'âge adulte en prenant en compte la diminution des symptômes ainsi que de faciliter le recueil rétrospectif des symptômes pendant l'enfance. En outre, le DSM-5 offre la possibilité de poser un diagnostic comorbide de TDAH et de Trouble du Spectre Autistique (TSA), ce qui n'était pas possible dans le DSM-IV-TR. De plus, le DSM-5 inscrit le TDAH dans une nouvelle section, nommée « Troubles neurodéveloppementaux », tandis que le DSM-IV-TR inscrit le TDAH dans les troubles perturbateurs. L'ajout de cette nouvelle section devrait permettre de créer des diagnostics qui tiennent compte des trajectoires développementales, et notamment du développement neurocognitif tout au long de la vie (Doernberg & Hollander, 2016 ; Eapen & Črnčec, 2014).

En dehors du DSM, d'autres classifications existent avec des descriptions cliniques et des terminologies différentes. La 10ème version de la Classification Internationale des Maladies (CIM-10, World Health Organization., 1992) n'emploie pas le terme de TDAH, mais mentionne les « Troubles hyperkinétiques » (F90) comme partie intégrante des « Troubles comportementaux et émotionnels apparaissant habituellement durant l'enfance ou l'adolescence ». En 2019, la 11ème version de la CIM (World Health Organization, 2019) suit une évolution similaire au DSM-5. Le trouble hyperkinétique est maintenant nommé « Trouble du déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité » et fait partie intégrante de la catégorie « Troubles neurodéveloppementaux ». Enfin, la Classification Française des Troubles Mentaux de l'Enfant et de l'Adolescent (CFTMEA, Misès, 2020), qui est moins utilisée dans la littérature internationale et la pratique clinique, catégorise les « Troubles déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité » dans la section « Troubles du développement des acquisitions scolaires » comme partie intégrante des « Troubles du développement des fonctions instrumentales ». Les auteurs distinguent les symptômes dits « moteurs » du TDAH (i.e., hyperactivité, agitation motrice, impulsivité), des symptômes dits « psychiques » (i.e., inattention, distractibilité, désorganisation). Cette classification intègre, dans la catégorie des « Troubles du comportement

[4] Texte révisé du DSM-IV en 2000 (American Psychiatric Association, 2000).

et des conduites », une autre section désignée « Troubles hyperkinétiques ». Dans cette dernière, les auteurs décrivent des troubles essentiellement à dominance comportementale caractérisés par une hyperactivité et une impulsivité sévère, sans trouble de l'attention associé.

Au-delà de la problématique de la variabilité des classifications et des critères diagnostiques, l'évaluation clinique ne peut se limiter à la prise en compte des symptômes centraux du TDAH, et ce, pour deux raisons majeures. En premier lieu, il est essentiel d'exclure d'autres diagnostics différentiels possibles, tels que les troubles des apprentissages, les troubles anxieux, les troubles de l'humeur, le trouble oppositionnel avec provocation (TOP), les troubles des conduites ou les TSA. En deuxième lieu, le TDAH est souvent associé à des comorbidités, qui peuvent entraîner une gêne fonctionnelle supplémentaire (Locret-Capon & Bioulac, 2016). Afin de proposer un traitement adapté, il est essentiel d'évaluer ces comorbidités, que nous détaillerons dans la prochaine section.

2.3. Comorbidités

Le diagnostic de TDAH s'accompagne très fréquemment de troubles psychiatriques qui coexistent. En effet, entre 67 et 80 % des enfants orientés vers des cliniques présentent des troubles associés (Barkley, 2015). Dans une étude, Yoshimasu et al. (2012) ont identifié 379 enfants atteints de TDAH dans un vaste échantillon de 5718 enfants qui ont été suivis jusqu'à l'âge de 19 ans. Les résultats suggèrent que le TDAH est associé à un risque supérieur de présenter des troubles de l'ajustement (HR[5] = 3,88), des TOP ou des troubles des conduites (HR = 9,54), des troubles de l'humeur (HR = 3,67), des troubles anxieux (HR = 2,94), des tics (HR = 6,53), des troubles alimentaires (HR = 5,68), des troubles de la personnalité (HR = 5,80) et des troubles de l'usage de substances (HR = 4,03). Dans la même lignée, Larson et al. (2011) ont conduit des analyses sur des données de 61779 enfants âgés de 6 à 17 ans, dont 5028 présentant un TDAH. Parmi les enfants atteints de TDAH, 33 % avaient un trouble associé, 16 % en avaient deux et 18 % en avaient trois ou plus. Les résultats ont également montré que les enfants souffrant d'un TDAH présentent plus de risques d'avoir des troubles associés que les enfants au développement typique. En effet, 46 % des enfants ayant un TDAH présentaient des

[5] L'Hazard Ratio (HR) désigne la probabilité qu'un événement ait lieu dans un groupe expérimental par rapport à celle du groupe contrôle sur une unité de temps. Ce rapport représente donc la mesure de la taille de l'effet de l'association entre deux variables à travers le temps. Dans l'étude de Yoshimasu et al. (2012), les auteurs ont calculé l'association entre le TDAH et le temps écoulé avant le diagnostic de chaque trouble psychiatrique.

troubles des apprentissages contre 5 % des enfants au développement typique, 27 % contre 2 % des troubles du comportement, 18 % contre 2 % des troubles anxieux, 14 % contre 1 % des troubles dépressifs ainsi que 12 % contre 3 % des problèmes d'élocution. En outre, d'autres comorbidités sont fréquemment associées au TDAH telles que les difficultés de sommeil (cf. Kirov & Brand, 2014, pour une revue).

Par ailleurs, le TDAH est souvent accompagné de problèmes académiques, en raison des déficits attentionnels et motivationnels (cf. section 3.2.1. Modèles du TDAH à une seule facette cognitive), mais également de difficultés à entrer dans le décodage graphème-phonème, de la désorganisation dans la prise de note ainsi que des difficultés d'acquisition des règles d'orthographe et mathématiques (DuPaul & Langberg, 2015 ; Loe & Feldman, 2007). Dans environ 15 à 40 % des cas, le TDAH est associé à des troubles des apprentissages, comme la dyslexie, la dysorthographie ou la dyscalculie (August & Garfinkel, 1990 ; Semrud-Clikeman et al., 1992 ; Wiśniewska et al., 2007). À ces problèmes académiques, s'ajoutent des difficultés à s'intégrer socialement avec notamment un rejet fréquent des pairs (cf. Gardner & Gerdes, 2015 ; Hoza, 2007 ; McQuade & Hoza, 2008 ; pour des revues). De plus, le TDAH est souvent associé à un TSA (environ un enfant sur huit ; Zablotsky et al., 2020), ce qui accentuerait les difficultés sociales (Dellapiazza et al., 2021).

Chez les adolescents, le risque de développer des conduites de délinquance et de consommer des drogues est plus important (Rooney et al., 2012 ; Sibley et al., 2011). Quant aux adultes, les comorbidités sont présentes dans 80 % des cas lorsqu'ils sont orientés vers des cliniques (Barkley et al., 2008). Selon la revue systématique de Choi et al. (2022), la comorbidité la plus fréquente chez l'adulte est l'abus de substances, suivi des troubles de l'humeur, des troubles anxieux et des troubles de la personnalité. En plus de ces comorbidités psychiatriques, les adultes atteints d'un TDAH rencontreraient plus de difficultés à trouver un emploi, à le conserver et à travailler de façon productive (Küpper et al., 2012).

Il convient de souligner que la présence de comorbidités est associée à une gêne fonctionnelle plus prononcée dans différents domaines, tels que le fonctionnement social ou académique (Massetti et al., 2008 ; Mikami & Pfiffner, 2008). En effet, les répercussions des comorbidités sont tellement importantes que certains auteurs ont proposé la possibilité de créer une nouvelle classification du TDAH, dans laquelle certains profils de comorbidités pourraient être des sous-types de TDAH distincts du TDAH dit « pur » sans aucune comorbidité (e.g., TDAH avec TOP ou troubles des conduites ; Jensen et al., 2001). Ainsi, la présence de comorbidités accentue

davantage l'hétérogénéité des symptômes du trouble, ce qui rend le diagnostic encore plus complexe.

3. Neuropsychologie du TDAH

Le recensement des symptômes cliniques peut parfois s'avérer insuffisant pour établir un diagnostic de TDAH. Dans de tels cas, des évaluations complémentaires sont préconisées pour éclairer le diagnostic différentiel ou détecter d'éventuelles comorbidités (e.g., bilan orthophonique pour évaluer le langage écrit). Parmi les évaluations complémentaires, le bilan neuropsychologique est indispensable. Il permet de déterminer le profil cognitif de l'enfant, d'écarter la possibilité d'une déficience intellectuelle pouvant mieux expliquer les symptômes et de proposer des axes de prise en charge adaptés (Locret-Capon & Bioulac, 2016). L'évaluation neuropsychologique comprend généralement une évaluation des fonctions attentionnelles et exécutives qui, selon certains auteurs, sont au cœur des symptômes du TDAH. L'attention et les fonctions exécutives sont des construits multidimensionnels, et toutes les dimensions de chacun de ces construits ne sont pas forcément atteintes chez ces enfants. Les difficultés attentionnelles et exécutives sont très liées et certaines composantes de ces construits se chevauchent, soulignant la difficulté à les étudier séparément. Avant de présenter les altérations cognitives présentes chez les enfants atteints d'un TDAH, nous présenterons rapidement les concepts d'attention et de fonctions exécutives ainsi que quelques modèles théoriques influents en neuropsychologie et en neurosciences.

3.1. Mécanismes cognitifs

L'attention désigne la capacité d'une personne à se concentrer et à sélectionner les informations pertinentes pour la réalisation d'objectifs précis. Il n'existe pas un seul type d'attention mais plusieurs (Slama & Schmitz, 2016). L'attention est un construit complexe qui englobe un ensemble de fonctions tels que « la focalisation ou l'engagement sur une cible, le maintien de la focalisation dans le temps grâce à la vigilance, l'encodage des propriétés du stimulus, le désengagement et la réorientation de la focalisation » (Seidman, 2006, p. 467-468).

De nombreux modèles ont essayé de définir l'attention et ses différentes composantes. En neuropsychologie clinique, le modèle le plus utilisé pour définir les différentes fonctions attentionnelles est celui de van Zomeren & Brouwer (1994). Ces auteurs ont défini cinq types

d'attention compris dans deux axes principaux : l'intensité et la sélectivité (cf. Figure 1). L'intensité est constituée de trois composantes : l'alerte, la vigilance et l'attention soutenue. **L'alerte** concerne l'état d'éveil d'un individu et sa capacité à réagir à l'arrivée des stimulations de l'environnement. **La vigilance**, quant à elle, constitue la capacité à maintenir l'attention pendant une longue durée dans une tâche monotone dans laquelle peu de stimuli sont présentés. **L'attention soutenue** est parfois considérée comme un synonyme de la vigilance, mais diffère dans le nombre d'informations que l'individu doit traiter : là où la vigilance implique peu de stimuli, l'attention soutenue en présente une quantité plus importante. Le deuxième axe, celui concernant la sélectivité, comprend deux composantes : l'attention sélective et l'attention divisée. **L'attention sélective** représente la capacité à diriger et maintenir l'attention vers des stimuli, tout en ignorant les éléments distracteurs internes (e.g., les pensées) et externes (e.g., les bruits de l'environnement). **L'attention divisée**, quant à elle, constitue la capacité de l'individu à partager ses ressources attentionnelles sur deux tâches réalisées simultanément. En lien avec le modèle de Norman & Shallice (1986), l'ensemble de ces fonctions attentionnelles seraient elles-mêmes sous le contrôle d'**un système de supervision attentionnelle** (SA), permettant de réguler leur cohérence et leur homogénéité. Ce système nécessiterait de bonnes performances exécutives, puisqu'il interviendrait dans des tâches de haut niveau, notamment lors de la mise en place de stratégies, de la flexibilité et des comportements orientés vers un but.

En 1990, Posner & Petersen ont proposé un modèle similaire à celui de Van Zomeren & Brouwer, dans lequel ils définissent trois processus attentionnels : l'alerte, l'orientation et le contrôle exécutif (cf. Figure 1). En premier lieu, **l'alerte** est similaire à l'axe d'intensité (i.e., alerte, vigilance, attention soutenue) du modèle de Van Zomeren & Brouwer. En deuxième lieu, **l'orientation** s'exprime à travers l'axe de sélectivité (i.e., attention sélective et attention divisée) du modèle de Van Zomeren & Brouwer. En sciences expérimentales, l'orientation est évaluée notamment en présentant un indice qui informe sur le côté d'apparition d'une cible (droite ou gauche) dans un écran d'ordinateur et en mesurant le temps de réaction pour détecter cette cible (cf. Chapitre 3, section 2.1. Le paradigme de Posner (1980)). Enfin, **le contrôle exécutif** peut être assimilé au SA du modèle de Norman & Shallice (1986) et correspond aux fonctions exécutives que nous allons définir par la suite.

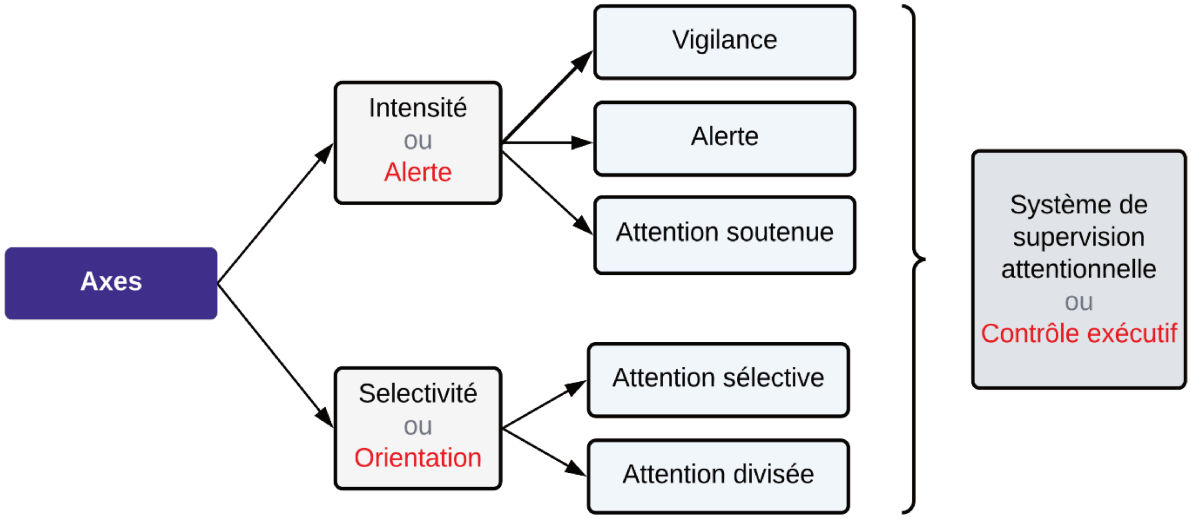

Figure 1 : Représentation schématique du lien entre les modèles de van Zomeren & Brouwer (1994) et de Posner & Petersen (1990). Les composantes du premier modèle sont en noir et celles du deuxième en rouge.

Les fonctions exécutives sont difficiles à définir, en raison de leur chevauchement important avec d'autres processus cognitifs tels que l'attention, la perception ou la mémoire. En effet, ces fonctions représentent un construit complexe qui englobe des processus mentaux essentiels lors de situations non automatiques ou non routinières. Dans son modèle, Diamond (2013) distingue trois fonctions exécutives de base et trois fonctions exécutives de haut niveau (cf. Figure 2). Les fonctions de base concernent la mémoire de travail, l'inhibition et la flexibilité mentale, alors que celles de haut niveau englobent le raisonnement, la résolution de problèmes et la planification. Parmi les fonctions exécutives de base, **la mémoire de travail** représente la capacité à maintenir une information ou plusieurs pendant une brève période, tout en les manipulant et en les protégeant contre d'éventuelles interférences. Plus concrètement, cette fonction est nécessaire lorsqu'une personne réalise des calculs ou suit une conversation. Une personne peut rencontrer des difficultés liées à la mémoire de travail, notamment si elle perd le fil de ses idées ou oublie ce qu'elle est en train de faire. **La flexibilité mentale**, quant à elle, constitue la capacité à passer d'une tâche ou d'une pensée à une autre. Un trouble de cette fonction cognitive peut se manifester par ce que l'on appelle des « persévérations », qui désignent des comportements répétitifs considérés comme inadaptés. La dernière fonction de base est **l'inhibition**, qui inclut aussi bien le contrôle de l'interférence (i.e., attention sélective et inhibition cognitive) que l'inhibition comportementale. Elle représente la capacité à éviter une réponse ou un comportement automatique, pour mettre en place une réponse ou un comportement plus contrôlé et approprié à la situation. Selon Diamond, l'auto-régulation se

chevauche avec l'inhibition. Elle désigne la capacité à contrôler et réguler des émotions et permet d'avoir un niveau approprié d'éveil cognitif, motivationnel et émotionnel. En ce qui concerne les fonctions exécutives de haut niveau, **le raisonnement** et **la résolution de problèmes** sont synonymes de l'intelligence fluide, qui représente la capacité à raisonner, résoudre des problèmes et appréhender les relations entre les éléments. Enfin, **la planification** constitue l'habileté à développer à l'avance les étapes appropriées pour atteindre un objectif. Cela requiert non seulement de choisir un plan d'actions parmi plusieurs, mais également de le mettre en œuvre et d'être capable de changer de plan lorsque celui choisi n'est pas adapté.

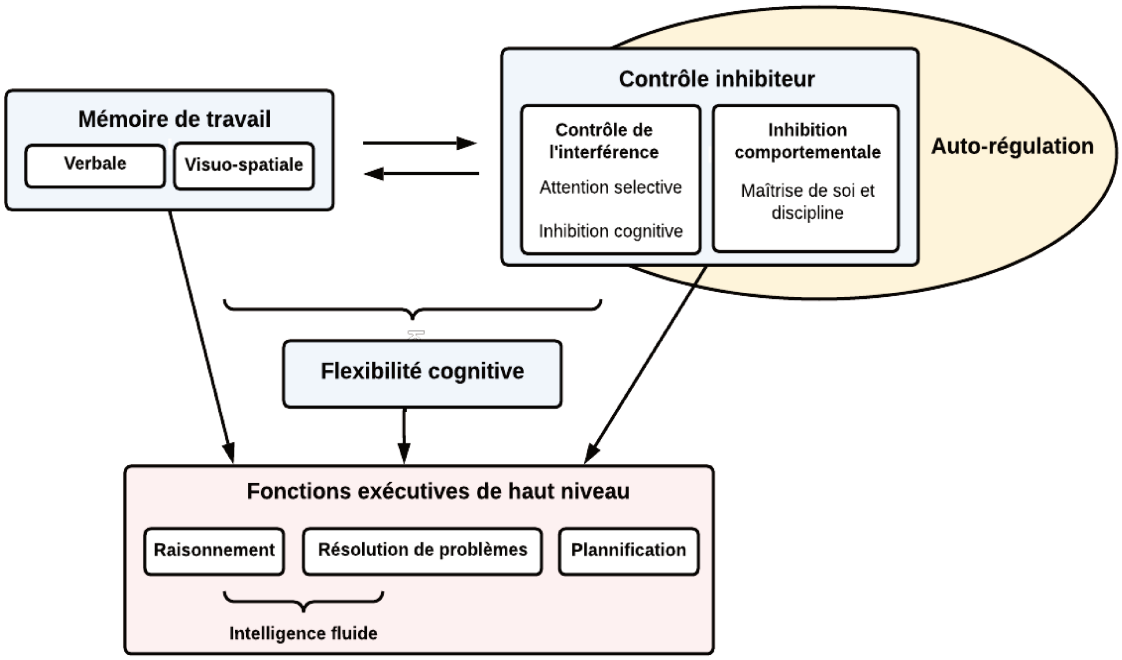

Figure 2 : Représentation schématique du modèle des fonctions exécutives de Diamond (2013)

Ainsi, les modèles de l'attention de van Zomeren & Brouwer (1994) et de Posner & Petersen (1990) suggèrent que les fonctions exécutives constituent une composante de l'attention, qui contribuent à réguler et à homogénéiser les différentes fonctions attentionnelles. Dans son modèle des fonctions exécutives, Diamond (2013) définit également l'attention sélective comme une composante appartenant au contrôle inhibiteur. L'ensemble de ces modèles suggère un lien entre l'attention et les fonctions exécutives, soulignant ainsi le besoin de considérer toutes ces composantes en pratique clinique. Ce constat a suscité des interrogations parmi les chercheurs concernant la spécificité des symptômes d'inattention chez les individus atteints de TDAH. Est-ce que ces symptômes ne seraient pas le résultat d'un déficit exécutif ? De façon

plus générale, quels seraient les facteurs explicatifs des différents symptômes centraux du TDAH (i.e., inattention, impulsivité, hyperactivité) ?

3.2. Profils cognitifs

3.2.1. Modèles du TDAH à une seule facette cognitive

De nombreux auteurs postulent que le TDAH se caractérise par des difficultés attentionnelles et exécutives. Au départ, les modèles théoriques du TDAH avançaient l'idée qu'un déficit des fonctions exécutives était à l'origine des symptômes du TDAH. Toutefois, au fil du temps, d'autres hypothèses ont émergé, mettant l'accent sur les dysfonctionnements comportementaux et/ou motivationnels (Slama & Schmitz, 2016). Dans cette section, nous présenterons les modèles cognitifs qui se sont concentrés sur une facette cognitive ou motivationnelle particulière, au lieu d'explorer d'autres explications possibles. Plus concrètement, ces modèles ont suggéré un dysfonctionnement central dans l'une des fonctions suivantes : (1) l'inhibition, (2) l'aversion au délai, (3) les fluctuations attentionnelles et (4) la perception temporelle.

Un des modèles prédominants en neuropsychologie est celui de Barkley (1997) qui définit l'inattention et l'hyperactivité/impulsivité comme étant le résultat des troubles des fonctions exécutives (cf. Figure 3). Plus précisément, le TDAH se caractériserait au premier plan par un déficit d'inhibition, qui entraînerait des troubles dans d'autres fonctions exécutives et permettrait d'expliquer les problèmes d'autorégulation du comportement de ces enfants. Dans son modèle, Barkley utilise une classification des fonctions exécutives différente de celles qui sont couramment utilisées (cf. classification de Diamond, 2013, section 3.1. Mécanismes cognitifs). Selon Barkley, le déficit d'inhibition entraînerait des déficits dans quatre fonctions exécutives : la mémoire de travail non-verbale, le langage internalisé, l'autorégulation des affects et la reconstitution. **La mémoire de travail non-verbale** représente la capacité à manipuler mentalement des informations non-verbales et à reproduire des séquences complexes. **Le langage internalisé**, quant à lui, se rapproche de la mémoire de travail verbale et correspond à l'intériorisation des instructions, des règles et du raisonnement. **L'autorégulation des affects** représente la capacité à réguler la motivation, les émotions, la vigilance et les pulsions. Enfin, **la reconstitution** concerne la capacité de synthèse et d'analyse, nécessaire notamment pour résoudre des problèmes. Ainsi, les déficits des fonctions exécutives ne seraient que la conséquence d'un déficit d'inhibition, qui serait également à l'origine de difficultés d'attention soutenue et d'une distractibilité au quotidien.

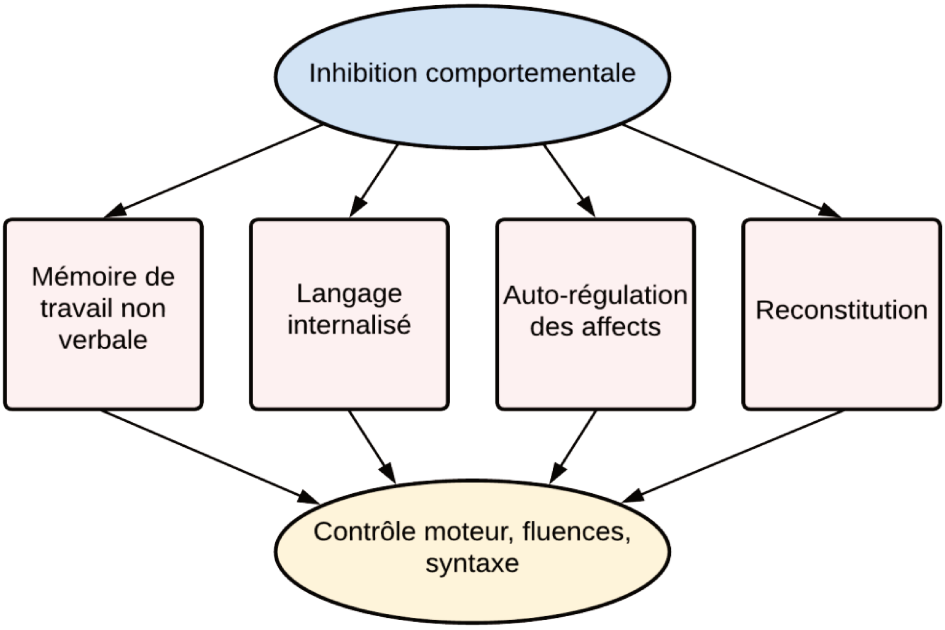

Figure 3 : Représentation schématique du modèle de Barkley (1997).

Selon la théorie de l'aversion au délai, proposée par Sonuga-Barke et al. (1992), le TDAH est associé à une forte réticence à attendre ou à différer un comportement dans le temps, c'est à dire à une attitude motivationnelle différente de la norme, plutôt qu'à un déficit d'un processus cognitif spécifique (cf. Figure 4). **Cette aversion au délai** entraînerait une préférence pour les récompenses immédiates plutôt que pour celles qui nécessitent une longue attente. Par conséquent, les symptômes d'impulsivité seraient la résultante de la tentative d'éviter une situation ou un comportement en agissant rapidement. Lorsque l'enfant n'a pas la possibilité d'éviter la situation, les symptômes d'inattention ou d'hyperactivité contribueraient à réduire la perception subjective du temps d'attente, notamment en orientant l'attention vers des stimuli de l'environnement (i.e., distractibilité) ou des pensées internes (i.e., rêveries). Ainsi, les problèmes cognitifs rencontrés par les enfants TDAH sont perçus dans ce modèle comme le résultat de l'attitude motivationnelle d'aversion au délai.

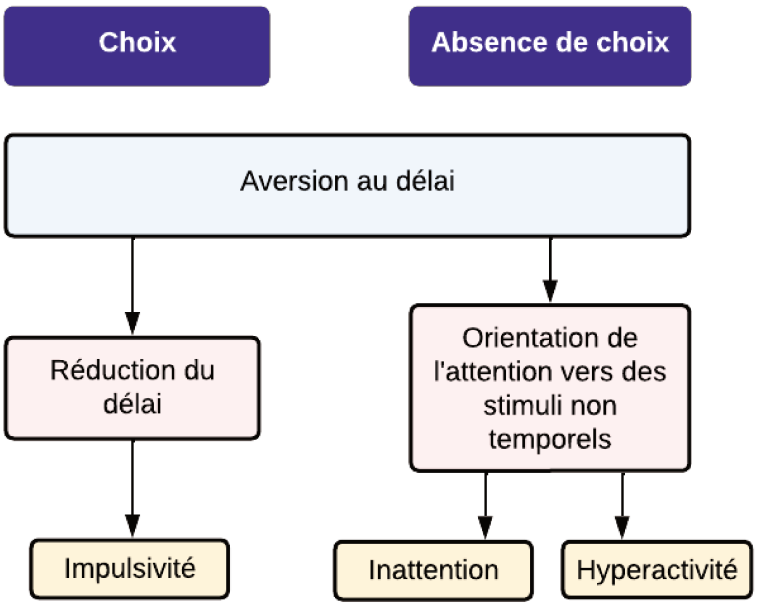

Figure 4 : Représentation schématique du modèle de Sonuga-Barke et al. (1992).

Par la suite, Sonuga-Barke & Castellanos (2007) ont proposé le modèle des intrusions du mode par défaut. Les auteurs proposent que **les fluctuations attentionnelles** des enfants atteints de TDAH dans des épreuves impliquant de réagir rapidement à des stimuli cibles seraient liées à des anomalies d'activation d'un réseau cérébral désigné « mode par défaut », qui permet de diriger l'attention vers des pensées intérieures. Chez les enfants atteints de TDAH, ce réseau cérébral s'activerait dans des situations exigeant une attention à des stimuli externes, ce qui entraînerait des difficultés attentionnelles. En accord avec ce modèle, des études ont montré que les enfants atteints de TDAH présentent des fluctuations plus importantes dans leurs temps de réaction lors de tâches cognitives par rapport aux enfants au développement typique, et que ces fluctuations sont associées à une moindre désactivation du réseau par défaut (Fassbender et al., 2009).

En plus des fluctuations attentionnelles, plusieurs auteurs ont proposé un autre élément pouvant expliquer le TDAH : **le déficit de la perception du temps** (Toplak et al., 2006 ; Toplak & Tannock, 2005). Ce dernier fait référence à une atteinte de la représentation du temps, pouvant conduire aussi bien à un déficit de l'organisation séquentielle des évènements et actions qu'à une difficulté dans l'anticipation et la prédiction d'événements futurs.

3.2.2. Vers une hétérogénéité des troubles cognitifs

Les modèles préalablement présentés ont en commun de proposer une explication du TDAH basée sur une seule facette cognitive ou motivationnelle. Cependant, ces modèles présentent des limites, puisqu'ils ne parviennent pas à expliquer l'ensemble des déficits présents chez les enfants atteints d'un TDAH, et certains de ces déficits ne sont pas systématiquement présents chez ces enfants. La reconnaissance de ces limites et de l'hétérogénéité des symptômes rencontrés ont conduit les chercheurs à considérer le TDAH comme un trouble complexe, englobant des déficits cognitifs variés. Dans cette perspective, des modèles théoriques basés sur des explications comprenant plusieurs déficits cognitifs ont été développés (Slama & Schmitz, 2016).

Sonuga-Barke & Fairchild (2012) ont notamment proposé un modèle à voies multiples (en anglais, « multiple pathways ») qui permet de mettre en lien les différents modèles présentés préalablement (cf. Figure 5). Selon les auteurs, trois réseaux cérébraux seraient associés à des difficultés cognitives chez les individus atteints de TDAH. Le premier réseau, celui du mode par défaut, implique le cortex préfrontal médial et le cortex cingulaire postérieur. Une activation inadaptée de ce réseau serait à l'origine d'une **fluctuation de la vigilance et de la gestion temporelle**. Le deuxième réseau engage le cortex préfrontal et le striatum dorsal et entraînerait des **dysfonctionnements exécutifs**, en particulier de l'inhibition. Le dernier réseau décrit par les auteurs engage le cortex orbitofrontal, le striatum ventral et l'amygdale, impliqués dans le système de la récompense. Ce réseau serait à l'origine d'une **aversion au délai** et d'une préférence pour des renforcements immédiats, pouvant expliquer les symptômes d'hyperactivité, d'inattention et d'impulsivité observés chez ces enfants.

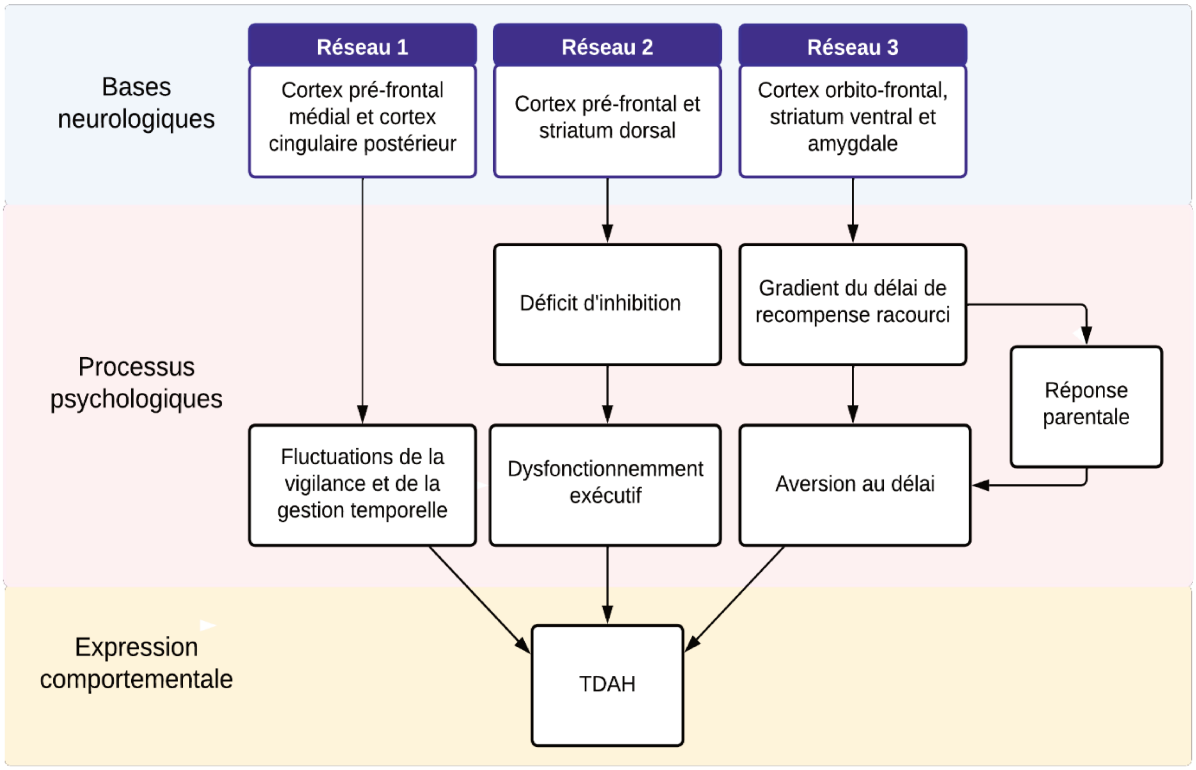

Figure 5 : Représentation schématique du modèle à voies multiples de Sonuga-Barke & Castellanos (2007) en lien avec les modèles explicatifs spécifiques à une seule facette cognitive.

Plusieurs recherches ont confirmé l'intérêt de ce modèle en montrant des déficits dans des tâches évaluant les fonctions cognitives impliquées dans ces trois réseaux. Ces dernières ont révélé des déficits de l'aversion au délai (Sjöwall & Thorell, 2022 ; Zheng, Cheng, et al., 2022), de la perception du temps (cf. Zheng, Wang, et al., 2022, pour une méta-analyse), des fonctions exécutives (e.g., Sjöwall et al., 2013 ; Sjöwall & Thorell, 2022 ; cf. Willcutt et al., 2005, pour une méta-analyse) ainsi que des fluctuations attentionnelles (cf. Kofler et al., 2013, pour une méta-analyse sur la variabilité des temps de réaction). De plus, plusieurs études suggèrent que ces déficits ont des effets indépendants sur les symptômes du TDAH (Sjöwall et al., 2013 ; Sjöwall & Thorell, 2022 ; Zheng, Cheng, et al., 2022). Il convient de noter que, même si les études de groupe ont tendance à montrer des difficultés dans ces domaines, tous les enfants atteints de TDAH évalués ne rencontrent pas chacun de ces déficits, ce qui permet de rendre compte de l'hétérogénéité symptomatologique du trouble (Castellanos et al., 2006 ; Sjöwall et al., 2013 ; Willcutt et al., 2005). Par exemple, dans leur méta-analyse, Willcutt et al. (2005) mettent en évidence des déficits des fonctions exécutives, mais qui sont modérés et peu homogènes entre les individus. En effet, bien que l'évaluation de ces déficits soit essentielle en

pratique clinique, les auteurs rapportent qu'ils ne sont pas systématiquement observés chez tous les enfants atteints d'un TDAH. Cela met notamment en évidence l'impossibilité de les considérer comme des critères obligatoires pour le diagnostic du TDAH.

En raison de cette hétérogénéité, des chercheurs ont essayé d'identifier différents profils cognitifs associés à cette pathologie, au lieu de s'intéresser qu'à des moyennes de groupes d'individus. Par exemple, Coghill et al. (2014) ont montré, chez des enfants âgés de 6 à 12 ans, la présence de déficits au sein de six domaines cognitifs : la mémoire de travail, l'inhibition, l'aversion au délai, la prise de décision, la perception temporelle et la variabilité des réponses. Pour chacune de ces fonctions, entre 18 et 37 % des enfants atteints d'un TDAH avaient des déficits, soulignant ainsi l'existence de différents profils cognitifs associés au TDAH. Dans la même lignée, Sjöwall & Thorell (2019) ont montré, chez des enfants âgés de 4 à 6 ans, des déficits de la mémoire de travail, de l'inhibition, de la flexibilité mentale et de l'aversion au délai. Ces auteurs ont également identifié des sous-groupes d'enfants rencontrant seulement des difficultés exécutives (mémoire de travail, inhibition, flexibilité mentale) et d'autres ayant uniquement un déficit de l'aversion au délai. Cependant, la proportion d'enfants ayant un déficit ne dépassait pas 43 % pour chaque test. De plus, 23 % des enfants ne présentaient aucun déficit dans ces domaines. De même, Fair et al. (2012) ont identifié plusieurs profils cognitifs chez des enfants de 6 à 17 ans, se caractérisant par des déficits différents tels que des niveaux élevés de variabilité des temps de réaction, une réduction de la mémoire de travail, une difficulté à traiter les informations temporelles et un faible niveau d'éveil. Ainsi, l'ensemble de ces travaux souligne l'importance de prendre en considération l'hétérogénéité intra- et inter- individuelle des profils cognitifs de ces enfants, en proposant une prise en charge individuelle (Slama & Schmitz, 2016). Dans cette perspective, de plus en plus de professionnels recommandent la réalisation d'un bilan neuropsychologique exhaustif, englobant toutes les fonctions attentionnelles et exécutives, afin d'établir un profil cognitif des difficultés de chaque enfant et de comprendre leur impact au quotidien.

3.3. Prise en charge neuropsychologique

Compte tenu de la diversité des profils cognitifs et du fait que certaines tâches cognitives ne permettent pas de discriminer les enfants TDAH des enfants sans pathologie, il est essentiel de rappeler que l'examen neuropsychologique ne se limite pas à la passation de tests. Il comprend également un entretien d'anamnèse avec les parents et l'enfant ainsi que des observations cliniques effectuées pendant l'administration des épreuves et l'entretien. De plus, des

questionnaires sont souvent remplis par les parents et les enseignants, permettant de recueillir des informations complémentaires sur le comportement de l'enfant, ses symptômes et son fonctionnement au quotidien. Toutes ces informations sont très importantes, car elles permettent de formuler des hypothèses sur les difficultés de l'enfant ainsi que d'orienter l'évaluation neuropsychologique (Catale & Meulemans, 2013).

Une fois l'entretien effectué, l'évaluation psychométrique des différentes fonctions cognitives permet d'objectiver les difficultés de l'enfant, en comparant ses performances à un groupe de référence du même âge et sexe (Amieva et al., 2011). Tout d'abord, l'évaluation de l'efficience intellectuelle avec la WISC-V *(Wechsler Intelligence Scale for Children, Fifth edition*, Wechsler, 2014) permet d'établir le profil cognitif global des enfants âgés de 6 à 16 ans. Cette évaluation est particulièrement utile chez les enfants atteints d'un TDAH, car elle inclut des subtests sensibles aux difficultés attentionnelles et/ou exécutives, ce qui permet de poser les premières hypothèses du bilan. Par exemple, il est fréquent de constater des profils hétérogènes, marqués par des scores bas aux indices de mémoire de travail et de vitesse de traitement. De plus, lors de la présence d'une impulsivité cognitive, les scores à l'indice de raisonnement peuvent être diminués en raison de réponses très rapides aux questions (Locret-Capon & Bioulac, 2016).

À la suite de l'évaluation de l'efficience globale, des tests évaluant des fonctions cognitives spécifiques sont souvent administrés. De nombreux tests existent, permettant d'évaluer aussi bien les différentes fonctions attentionnelles et exécutives, que d'autres fonctions telles que le langage, la mémoire ou les fonctions visuo-spatiales (cf. Tableau 1). Cette évaluation permet de déterminer à quel point les difficultés cognitives sont à l'origine des symptômes d'inattention et d'hyperactivité dans la vie quotidienne, et d'identifier ainsi les répercussions dans le fonctionnement social, scolaire et familial. En effet, les données recueillies pendant l'entretien et les résultats des questionnaires permettent d'établir un lien entre les déficits cognitifs et le fonctionnement de l'enfant au quotidien. Il existe plusieurs questionnaires utilisés en pratique clinique évaluant notamment les symptômes d'inattention et d'impulsivité/hyperactivité du TDAH, les fonctions exécutives et les problèmes relationnels et comportementaux (e.g., questionnaires de Conners, 2008 ; BRIEF, Gioia et al., 2000). L'utilité de ces questionnaires ne doit pas être sous-estimée, puisque les tâches neuropsychologiques ne sont pas toujours très sensibles et ne permettent pas, dans certains cas, d'identifier des problèmes présents au quotidien (e.g., fonctionnement exécutif ou social ; Barkley, 2015 ; Charman et al., 2001). La

combinaison de ces deux approches est donc nécessaire afin d'établir un profil cognitif clair et précis en lien avec le fonctionnement au quotidien. Par exemple, l'identification de déficits de la mémoire de travail ou de l'attention soutenue pourront expliquer les difficultés de l'enfant à suivre des conversations ou des cours, alors que l'identification des difficultés d'inhibition pourront expliquer des comportements impulsifs au quotidien (Catale & Meulemans, 2013).

Tableau 1. Exemple de tests couramment utilisés en pratique clinique dans le cadre de l'évaluation du TDAH.

Batterie ou test	Âge (en années)	Description
NEPSY-II (Bilan neuropsychologique chez l'enfant ; Korkman et al., 2012)	3 à 16	Batterie de tests évaluant l'attention, les fonctions exécutives, la mémoire, les apprentissages, le langage oral, les fonctions sensori-motrices, les traitements visuo-spatiaux et la perception sociale
TEA-Ch (Test d'Évaluation de l'Attention chez l'enfant ; Manly et al., 2006)	6 à 12	Batterie de tests évaluant l'attention (auditive et visuelle) soutenue, et sélective, la flexibilité et l'inhibition
KITAP (Test d'Évaluation de l'Attention pour enfants *;* Zimmermann et al., 2002)	6 à 10	Tests informatisés évaluant l'attention divisée et soutenue, la vigilance, la flexibilité, la mémoire de travail et l'inhibition
CPT-III (*Conners' Continuous Performance Test* ; Conners, 2014)	À partir de 8	Test informatisé évaluant la vigilance, l'attention soutenue et l'impulsivité
FÉE (Fonctions Exécutives chez l'Enfant ; Roy et al., 2020)	6 à 16	Batterie de tests évaluant l'inhibition, la mémoire de travail, la flexibilité mentale et la planification.

L'évaluation de l'attention et des fonctions exécutives est la plus courante chez les enfants atteints de TDAH, en raison de la présence habituelle de déficits dans ces fonctions. Cependant, l'évaluation d'autres fonctions cognitives telles que le langage, les capacités sensori-motrices, la mémoire ou les capacités visuo-spatiales peut s'avérer importante pour plusieurs raisons. En premier lieu, comme nous l'avons préalablement évoqué, le diagnostic de TDAH est difficile à établir en raison, d'une part, de la présence fréquente de comorbidités, et d'autre part, de la similarité entre différents diagnostics. Évaluer d'autres fonctions cognitives peut permettre d'identifier des comorbidités (e.g., dyslexie, dyspraxie, TSA) ou bien un diagnostic avec des symptômes similaires au TDAH. Par exemple, réaliser des tests évaluant les fonctions sensori-motrices peut permettre d'identifier un éventuel trouble du développement de la coordination (TDC). En second lieu, lorsque l'on veut mettre en place une remédiation cognitive, il est

essentiel d'établir un profil cognitif complet de l'enfant, de manière à élaborer un programme spécifique adapté à ses difficultés. Par exemple, il peut être important de déterminer si l'enfant dispose de capacités de mémoire suffisantes pour proposer des exercices appropriés.

Une fois le diagnostic et les bilans complémentaires effectués, une prise en charge adaptée aux symptômes de l'enfant, à leur sévérité, et aux comorbidités associées peut être proposée. La prise en charge est d'autant plus efficace qu'elle est précoce. Les rapports de la Haute Autorité de Santé (HAS, 2014) rappellent que la prise en charge non médicamenteuse doit être proposée en première intention dans le TDAH. À cet égard, des études ont rapporté l'efficacité de plusieurs prises en charge, comme les thérapies cognitivo-comportementales (TCC ; cf. Young et al., 2020, pour une méta-analyse), la remédiation cognitive (cf. Kim et al., 2018, pour une revue) ou les traitements psychosociaux (cf. Van der Oord et al., 2008, pour une méta-analyse). Dans de nombreux cas, la prise en charge médicamenteuse est également proposée, mais préférablement en seconde intention, lorsque des améliorations ne sont pas observées au cours de la première prise en charge (HAS, 2014). Bien que l'efficacité à court terme du méthylphénidate sur les symptômes du TDAH ait été montrée (cf. Van der Oord et al., 2008, pour une méta-analyse), l'importance d'associer ce médicament à une prise en charge non médicamenteuse est généralement soulignée (Catale & Meulemans, 2013). Par exemple, il est souvent bénéfique de combiner les médicaments avec des prises en charge thérapeutiques, telles que les TCC ou la remédiation cognitive.

La remédiation cognitive est une nouvelle approche prometteuse, souvent réalisée par le neuropsychologue à la suite de l'examen neuropsychologique. Son objectif est d'améliorer le fonctionnement de l'enfant au quotidien, en réduisant ses difficultés cognitives et en lui enseignant des stratégies pour les compenser. La première étape consiste à identifier des objectifs à atteindre et le rythme des séances, sur la base des difficultés cognitives objectivées lors de l'examen neuropsychologique (cf. Figure 6). La remédiation cognitive peut être réalisée à l'aide d'exercices sur ordinateur ou de type papier-crayon. Il existe notamment des programmes qui ciblent des fonctions cognitives spécifiques tels que le programme Cogmed[6], bien que son efficacité soit assez controversée (Morrison & Chein, 2012). En outre, la remédiation s'adapte aux difficultés de chaque enfant et à son évolution au cours des séances. Des techniques de métacognition, ayant pour objectif que l'enfant prenne conscience des

[6] Pour plus d'informations sur le programme Cogmed, cliquez sur le lien suivant : http://www.cogmed.com

difficultés cognitives rencontrées et de leur impact au quotidien, sont souvent au cœur des séances de remédiation. Cette prise en charge doit considérer aussi bien les troubles attentionnels et exécutifs, que les troubles émotionnels, sociaux et des apprentissages (Catale & Meulemans, 2013). Des études ont montré l'effet bénéfique de la remédiation, avec une réduction des troubles cognitifs et comportementaux (cf. Kim et al., 2018, pour une revue).

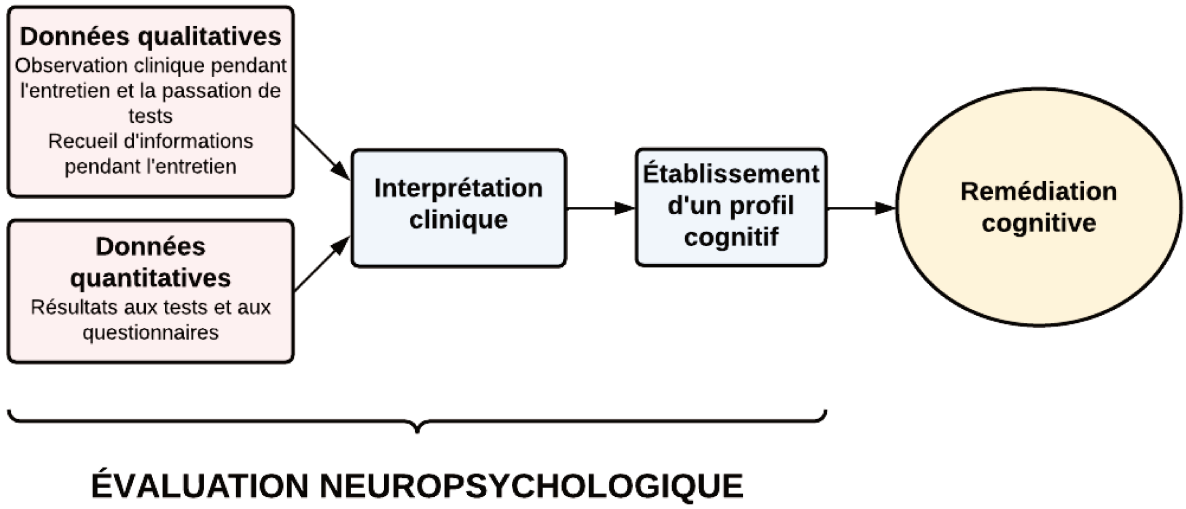

Figure 6 : Représentation schématique de la démarche en neuropsychologie clinique.

En résumé, l'évaluation neuropsychologique permet de conclure à un profil cognitif qui peut orienter vers un diagnostic de TDAH. Cette évaluation peut également s'avérer nécessaire pour la mise en place d'une remédiation adaptée aux difficultés de l'enfant. Il convient de noter que, malgré l'importance des difficultés sociales chez les enfants atteints de TDAH, en particulier dans le domaine de la cognition sociale, ces fonctions sont souvent négligées dans l'évaluation neuropsychologique de ces enfants. Une possible explication réside dans le manque d'outils appropriés pour les évaluer dans ce cadre spécifique.

Synthèse du Chapitre 1

Le trouble du déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDAH)

Le trouble du déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDAH) est l'un des syndromes les plus communs chez les enfants et les adolescents. Le diagnostic de TDAH est souvent réalisé sur la base des classifications diagnostiques (e.g., DSM-V, CIM-11) et repose principalement sur l'observation des symptômes d'inattention et/ou d'hyperactivité/impulsivité. La pose du diagnostic est toutefois difficile en raison du caractère hétérogène du trouble, défini aussi bien par la présence fréquente de comorbidités, que par la diversité des profils cognitifs. En effet, les enfants atteints d'un TDAH présentent souvent des troubles associés, notamment exécutifs, qui ne sont pas forcément pris en compte lors de la pose du diagnostic mais qui sont à l'origine d'importants problèmes scolaires et sociaux au quotidien. Dans les dernières années, les auteurs ont développé des modèles cognitifs qui ont considéré l'importante hétérogénéité intra- et inter-individuelle des profils cognitifs. Ces derniers ont permis de rendre compte de la nécessité de réaliser un bilan neuropsychologique complet, évaluant l'ensemble des fonctions cognitives, afin d'établir un profil cognitif des difficultés de l'enfant pour proposer une prise en charge individualisée. Chez ces enfants, le bilan neuropsychologique est souvent centré sur l'évaluation des fonctions attentionnelles et exécutives, puisque de nombreuses études ont montré leur altération. Néanmoins, d'autres troubles ont été identifiés mais sont moins fréquemment évalués, tels que les déficits de la cognition sociale, probablement en raison du manque d'outils permettant leur évaluation. L'objectif du deuxième chapitre sera de décrire la cognition sociale et les difficultés des enfants TDAH dans ce domaine.

Chapitre 2 - La cognition sociale dans le TDAH : quels domaines atteints ?

Ce chapitre vise à présenter l'intérêt de réaliser un examen systématique et une méta-analyse des études examinant la cognition sociale et les compétences sociales quotidiennes chez les enfants et adolescents atteints de TDAH. Dans cette optique, la cognition sociale ainsi que ses différentes composantes seront définies. Après avoir présenté quelques éléments liés au développement typique de la cognition sociale, nous proposons d'examiner les données concernant ce construit dans le TDAH et d'analyser les limites des différentes études. En fin de chapitre, les aspects méthodologiques liés à la réalisation d'un examen systématique et d'une méta-analyse seront également abordés.

1. La cognition sociale : développement typique

1.1. Définitions et modèles théoriques

Les chercheurs en psychologie sociale ont été les premiers à s'intéresser au concept de cognition sociale à la suite des expériences d'Heider et Simmel conduites dès les années 1940. Dans ces dernières, les participants devaient rapporter ce qu'ils avaient vu dans un film impliquant des formes géométriques en mouvement. Ces auteurs ont montré que les participants avaient tendance à attribuer des buts et intentions à ces formes, suggérant une propension spontanée à attribuer des états mentaux aux objets animés de notre environnement (Heider & Simmel, 1944). De ces expériences est née l'idée de l'existence de réseaux cérébraux et de processus cognitifs dédiés au traitement des informations sociales, dénommés sous les termes de « cerveau social » et « cognition sociale ». Ces concepts ont ensuite suscité un intérêt croissant dans les disciplines de la neuropsychologie clinique, conduisant ainsi à un examen des altérations de la cognition sociale pouvant résulter d'une lésion cérébrale, d'une pathologie neurodégénérative (e.g., dégénérescences lobaires fronto-temporales ; Christidi et al., 2018) ou d'un trouble neurodéveloppemental (e.g., schizophrénie ou trouble du spectre autistique ; Fernandes et al., 2018 ; Lozier et al., 2014 ; Savla et al., 2013). La cognition sociale étant un objet d'étude pluridisciplinaire, elle fait l'objet de définitions très variées. Néanmoins, même

au sein d'une même discipline, il existe une absence de consensus quant à la définition de la cognition sociale et de ses différentes composantes (Achim et al., 2020).

En 1967, Heider a été l'un des premiers auteurs à proposer une définition de la cognition sociale. Selon cet auteur, la cognition sociale représente la capacité à percevoir les attitudes, intentions, émotions et actions des autres personnes ainsi que leurs relations avec nous-mêmes et d'autres personnes (Heider, 1967). La cognition sociale ne représente donc pas uniquement la capacité à comprendre les autres, mais également à se comprendre soi-même (Beer & Ochsner, 2006). Certains auteurs ont proposé des définitions très générales et décrivent la cognition sociale comme « la manière dont les gens donnent du sens aux autres ou à eux-mêmes » (Fiske & Taylor, 2011, p. 1), alors que d'autres donnent des définitions un peu plus précises : « l'ensemble des processus cognitifs permettant de bien comprendre les autres et de bien ajuster ses comportements lors des interactions sociales » (Achim et al., 2020, p. 46 ; cf. Achim et al., 2013, pour une définition similaire). Cependant, à l'heure actuelle, la définition la plus citée dans la littérature est celle proposée par Adolphs (2001), qui décrit la cognition sociale comme « la capacité à se construire des représentations sur les relations entre soi et autrui et à utiliser ces représentations de façon flexible pour guider nos comportements sociaux » (p. 231).

Ainsi, la cognition sociale désigne l'ensemble des processus mentaux et cognitifs impliqués dans le traitement de l'information sociale (Beer & Ochsner, 2006 ; Happé & Conway, 2016 ; Scourfield et al., 1999), et doit être distinguée d'autres fonctions cognitives, comme l'attention, la mémoire et les fonctions exécutives (Beauchamp & Anderson, 2010). Il convient également de distinguer les concepts « cognition sociale », « fonctionnement social » et « compétences sociales », qui représentent différents niveaux du comportement social. En effet, le fonctionnement social est une composante globale qui intègre les compétences sociales et la cognition sociale (Yager & Ehmann, 2006). Tandis que la cognition sociale concerne les fonctions mentales qui permettent de percevoir, traiter et interpréter les indices et stimuli sociaux (e.g., empathie, théorie de l'esprit ; cf. section 1.2. Structure de la cognition sociale), les compétences sociales peuvent être définies comme l'ensemble des habiletés cognitives et interpersonnelles qui favorisent un comportement adapté en situation sociale (e.g., capacité à exprimer ses sentiments, encourager au dialogue, montrer de l'intérêt pour autrui). De nombreux aspects du fonctionnement social demeurent encore peu connus, tels que leurs bases psychologiques et cérébrales, leurs prédicteurs ou les altérations observées dans diverses pathologies (Beauchamp & Anderson, 2010).

Face à cette lacune de compréhension, certains auteurs ont proposé des modèles pour expliquer le fonctionnement sociocognitif (e.g., Crick & Dodge, 1994 ; Lemerise & Arsenio, 2000). Cependant, ces modèles n'intègrent pas des perspectives multidisciplinaires et ne prennent pas en considération tous les facteurs qui permettent l'émergence des aptitudes sociocognitives dans les populations saines et cliniques. En effet, les domaines de la neuropsychologie n'ont au début pas suffisamment contribué à la discipline et les connaissances sont restées assez lacunaires en ce qui concerne les altérations du fonctionnement social dans les populations présentant des pathologies. C'est pourquoi Beauchamp & Anderson (2010) ont développé un modèle applicable à de nombreuses pathologies et s'inscrivant dans des approches développementale et bio-psycho-sociale : le modèle d'intégration des habiletés sociocognitives (SOCIAL ; cf. Figure 7). Selon les auteurs, l'émergence des compétences sociales dépend du développement des dimensions biologiques, cognitives, comportementales, environnementales et socio-émotionnelles ainsi que de leur interaction. En effet, plusieurs facteurs internes (e.g., la personnalité et tempérament) et externes (e.g., le fonctionnement familial, l'environnement et la culture), en interaction avec le développement cérébral, contribueraient à l'émergence des fonctions communicationnelles, sociocognitives (e.g., perception du visage et des émotions, théorie de l'esprit et empathie) et cognitives (e.g., attention et fonctions exécutives). Ces compétences, à leur tour, seraient indispensables au développement de la compétence sociale. D'après Beauchamp & Anderson (2010), une atteinte du développement cérébral, résultant notamment d'un trouble neurodéveloppemental ou d'un désordre psychiatrique, peut être à l'origine de dysfonctionnements sociocognitifs.

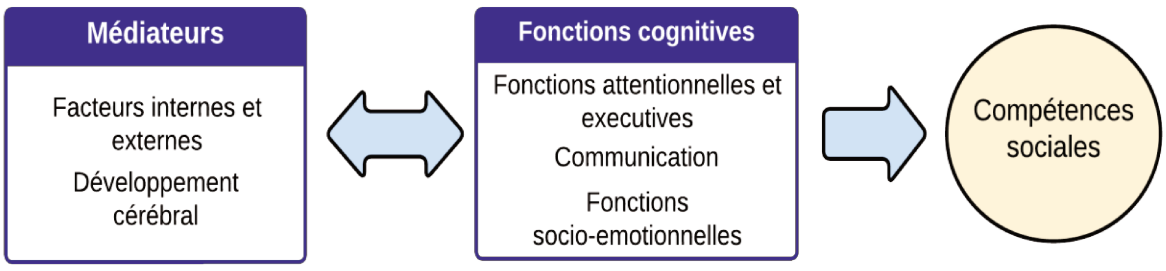

Figure 7 : Représentation schématique du modèle de Beauchamp & Anderson (2010).

1.2. Structure de la cognition sociale

Compte tenu du grand nombre de régions cérébrales impliquées dans le traitement de l'information sociale, une vaste étendue de processus cognitifs seraient utilisés lors des interactions sociales. Le développement de la cognition sociale serait le résultat d'une hiérarchie fonctionnelle qui irait de fonctions de bas niveau telles que l'attention conjointe à des fonctions de plus haut niveau comme la théorie de l'esprit. Le développement des fonctions de bas niveau serait donc un prérequis pour que des fonctions plus complexes puissent émerger (Beauchamp & Anderson, 2010 ; Happé et al., 2017). Ainsi, les compétences sociales se développeraient grâce à l'émergence de processus sociocognitifs à différentes étapes de l'enfance et de l'adolescence, qui continuent à se développer à l'âge adulte avec l'expérience et la maturation cérébrale (Beauchamp & Anderson, 2010).

Bien que le domaine de la cognition sociale ait fait l'objet d'un intérêt important, il n'existe pas de consensus concernant les composantes de la cognition sociale et leurs relations. Dans une revue de la littérature, Happé et al. (2017) relèvent plusieurs problèmes dans la définition de la structure de la cognition sociale. Un premier problème réside dans l'absence de consensus en ce qui concerne le vocabulaire. Les auteurs ont tendance à utiliser des termes différents pour une même composante cognitive. Par exemple, le terme « reconnaissance des émotions » peut être retrouvé dans la littérature écrit de différentes manières : « perception des émotions », « perception des affects » ou encore « traitement émotionnel ». De plus, le nombre de composantes cognitives impliquées dans la cognition sociale ainsi que la distinction entre les différents processus ne sont pas encore clairs pour les chercheurs. Cette absence de consensus peut conduire à des difficultés de réplication ainsi que de compréhension des processus neuronaux associés à la cognition sociale. Une deuxième difficulté réside dans l'absence de consensus concernant la relation entre les différents aspects de la cognition sociale et leur niveau de complexité. Par exemple, certains auteurs considèrent que la reconnaissance des émotions est une fonction de plus bas niveau que la théorie de l'esprit et permet de prédire son développement ainsi que son bon fonctionnement. D'autres conceptualisent la reconnaissance des émotions comme un mécanisme indépendant ou plus en lien avec l'empathie. Certains voient dans l'empathie et la théorie de l'esprit deux facettes d'un même processus, tandis que d'autres pensent qu'il s'agit de deux processus bien distincts.

Ainsi, la catégorisation et la hiérarchisation des processus de la cognition sociale se révèlent difficiles, principalement en raison de l'hétérogénéité des composantes incluses dans les

différentes études. Néanmoins, plusieurs chercheurs ont tenté de décrire ces composantes. Par exemple, après une description des grandes étapes du développement de la cognition sociale dans le développement typique et atypique, ainsi qu'une synthèse des bases cérébrales associées, Happé & Frith (2014) ont défini neuf domaines principaux (i.e., identification des agents, traitement des émotions, empathie, traitement de soi, catégorisation intra- et inter-groupe, cartographie de la hiérarchie sociale, attribution d'états mentaux, police sociale et réserve d'informations des individus). Ces domaines seraient ensuite combinés à des processus sociocognitifs moins importants. De plus, le projet RDoC[7] (« Research Domain Criteria ») du NIMH (« National Institute of Mental Health ») a proposé une catégorisation des processus sociaux incluant quatre domaines sociaux (divisés en plusieurs sous-domaines) : l'affiliation et l'attachement, la communication sociale, la perception et la compréhension de soi ainsi que la perception et la compréhension des autres (Insel et al., 2010 ; Sanislow et al., 2010). En ce qui concerne plus spécifiquement la cognition sociale dans le TDAH, Uekermann et al. (2010) ont défini trois composantes qui ont suscité un intérêt important dans ce domaine : la reconnaissance des émotions, la théorie de l'esprit et l'empathie.

1.2.1. Reconnaissance des émotions

Lorsque nous interagissons avec d'autres personnes, nous traitons des indices de la communication qui sont verbaux (e.g., la parole), paraverbaux (e.g., la prosodie) et non-verbaux (e.g., le langage corporel, la direction du regard et les expressions faciales ; Regenbogen et al., 2012). La reconnaissance des émotions implique d'identifier les émotions d'autrui à partir du visage et d'autres indices de la communication tels que la prosodie ou la posture du corps (Graziano & Garcia, 2016 ; Regenbogen et al., 2012). Cette capacité permet de mettre en place des comportements adaptés dans de nombreuses situations de la vie quotidienne dans lesquelles des émotions sont présentes, et jouerait donc un rôle essentiel dans les interactions sociales (Izard et al., 2001). Tandis que la reconnaissance des émotions à partir de visages est l'un des domaines de la cognition sociale le plus étudié, la perception des émotions à partir d'autres indices de la communication a fait l'objet de moins de travaux.

La capacité à reconnaître des émotions faciales est généralement évaluée en présentant des visages aux participants et en leur demandant, parmi plusieurs émotions (e.g., joie, colère,

[7] La catégorisation du projet RDoC peut être consultée sur ce lien : https://www.nimh.nih.gov/research/research-funded-by-nimh/rdoc/about-rdoc

tristesse, surprise, peur, dégout), celle qui représente le mieux l'expression associée au visage (e.g., *Faces test* ; Baron-Cohen, Wheelwright, et al., 1997 ; cf. Figure 8). Parmi les capacités de reconnaissance des émotions non faciales, la reconnaissance de la prosodie est celle qui a été le plus étudiée. Elle est souvent évaluée en présentant des phrases qui représentent des émotions spécifiques (e.g., colère, joie, peur, tristesse, neutre). La tâche des participants est de choisir, parmi plusieurs émotions, celle qui représente le mieux la phrase entendue (e.g., *Prosody test* ; Tucker et al., 1977). Plusieurs auteurs soulignent le besoin de distinguer la reconnaissance des émotions faciales et non faciales. Par exemple, dans la catégorisation du projet RDOC (« Research Domain Criteria » ; Insel et al., 2010 ; Sanislow et al., 2010), les auteurs intègrent l'identification des émotions à partir du visage et l'identification des émotions à partir des autres indices (e.g., prosodie affective) dans des catégories distinctes (i.e., « Reception of facial communication » et « Reception of non-facial communication »). Cette distinction est basée sur l'implication de bases neurobiologiques et comportementales différentes ainsi que sur l'existence de mesures distinctes pour les évaluer.

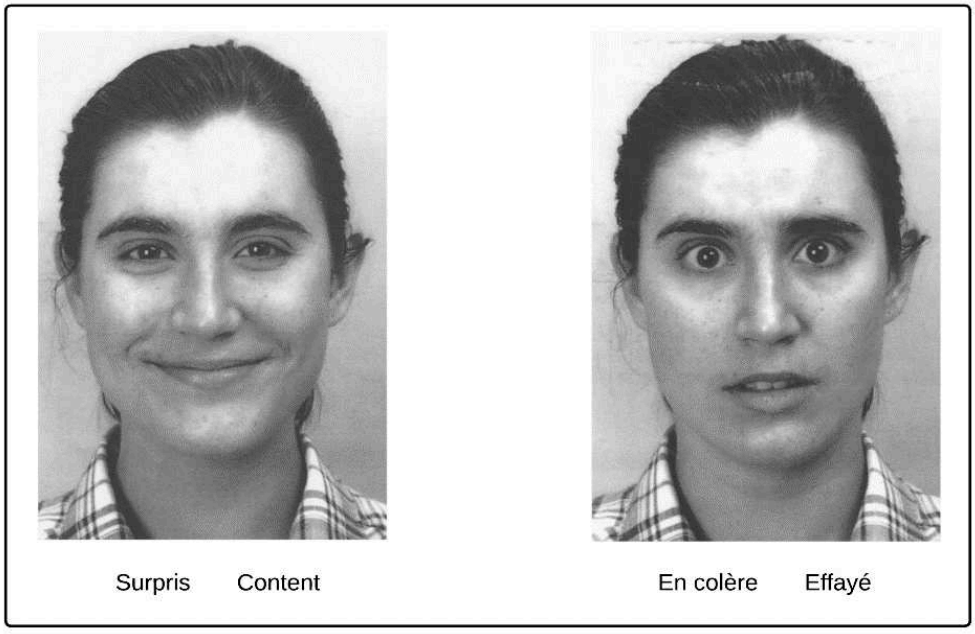

Figure 8 : Exemple d'un item du *Faces test* de Baron-Cohen, Wheelwright, et al. (1997)[8].

La capacité à reconnaître des émotions émerge tôt dans le développement cognitif. En effet, les nouveaux nés sont sensibles aux émotions faciales telles que la joie, la tristesse et la surprise

[8] Cet item est tiré de la version française du test, accessible sur ce site : https://www.autismresearchcentre.com/

(Field et al., 1982). Au fur et à mesure du développement, ces habiletés s'affinent et les jeunes enfants deviennent tout d'abord capables d'identifier l'expression faciale de joie (Herba & Phillips, 2004). Dès l'âge de 4 à 5 ans, les enfants sont également en mesure de reconnaître les expressions de colère et de tristesse (Lancelot et al., 2012). C'est toutefois plus tardivement (entre 6 et 10 ans) que d'autres expressions telles que la surprise et le dégoût commencent à être reconnues (Gosselin et al., 1995 ; Herba & Phillips, 2004 ; Widen & Russell, 2013). Même si la majorité des travaux se sont concentré sur le développement de la reconnaissance des émotions faciales chez les jeunes enfants, il a été suggéré que cette capacité continue de s'affiner au cours de l'adolescence et devient progressivement plus rapide et précise (Herba & Phillips, 2004). En ce qui concerne le traitement de la prosodie émotionnelle, peu de travaux ont exploré le développement de cette habileté chez le jeune enfant. Certains auteurs ont toutefois montré, chez les bébés, la sensibilité précoce à la distinction de différentes intonations émotionnelles et la présence d'un intérêt particulier pour les intonations exprimant de la joie (Mastropieri & Turkewitz, 1999 ; Walker-Andrews & Grolnick, 1983). De plus, les jeunes enfants seraient capables d'identifier plus facilement la tristesse que la colère, et cette dernière plus facilement que la joie. Cette différence disparaîtrait vers 10 ans, âge à partir duquel les habiletés en prosodie se stabiliseraient, mais ne correspondraient pas encore à celles des adultes (Lancelot et al., 2012 ; Tonks et al., 2007).

1.2.2. Théorie de l'esprit

La théorie de l'esprit, également retrouvée dans la littérature sous les termes « mentalisation » et « compréhension des états mentaux », est une compétence cruciale pour entretenir des relations interpersonnelles de qualité (Fliss & Besnard, 2012). Elle est définie par la plupart des chercheurs comme la capacité à attribuer des états mentaux à d'autres personnes pour pouvoir comprendre, prédire et interpréter leurs comportements (Gallagher & Frith, 2003 ; Singer, 2006). Les états mentaux englobent à la fois des aspects cognitifs (e.g., les désirs, les croyances et les intentions) et des aspects affectifs (e.g., les sentiments et les émotions). C'est pourquoi deux types de théorie de l'esprit peuvent être distinguées (Coricelli, 2005 ; Henry et al., 2016). D'une part, **la théorie de l'esprit cognitive** désigne la capacité à attribuer des pensées à autrui (« Que pense-t-il ou elle ? ») et, d'autre part, **la théorie de l'esprit affective** correspond à la capacité à inférer des émotions à autrui (« Que ressent-il ou elle ? »).

Les tâches utilisées pour évaluer la théorie de l'esprit diffèrent généralement en fonction de la composante à laquelle on s'intéresse. Tout d'abord, l'attribution d'états mentaux cognitifs est

souvent évaluée à l'aide de tâches de fausses croyances (Wimmer & Perner, 1983) qui reposent sur l'attribution d'un état mental à un personnage ayant une croyance erronée qui ne correspond pas à la réalité. Dans ces dernières, une histoire qui met en jeu plusieurs personnages est généralement présentée. Par exemple, voici une histoire tirée de Baron-Cohen et al. (1985) : « Sally met sa balle dans son panier et sort se promener. Pendant ce temps, Anne prend la bille et la met dans sa boîte. Après un moment, Sally revient et veut jouer avec sa balle. » (p. 41 ; cf. Figure 10, pour un autre exemple). Dans cette tâche, l'enfant doit attribuer la croyance de Sally concernant l'emplacement de la balle. C'est à partir de l'âge de 4 ans que l'enfant va pouvoir attribuer des croyances à autrui et va donc comprendre que Sally croit erronément que la balle est dans la boite, même si elle est dans le sac (Samson, 2012).

En ce qui concerne l'évaluation de la théorie de l'esprit affective, deux tâches sont couramment utilisées : la tâche des faux pas (Stone et al., 1998) et la tâche d'interprétation du regard (*Reading the Mind in the Eyes Test* [RMET] ; Baron-Cohen et al., 2001). Dans la tâche des faux pas, l'évaluateur raconte des histoires comme celle-ci : « Marie vient juste d'emménager dans son nouvel appartement. Elle est partie faire des achats et a acheté des nouveaux rideaux pour sa chambre. Après avoir juste fini de décorer l'appartement, sa meilleure amie, Lise, est venue lui rendre visite. Marie lui fait visiter son appartement et lui demande : "aimes-tu ma chambre ?" Lise répond : "ces rideaux sont horribles ! J'espère que tu vas en mettre des nouveaux !" »[9]. Afin de déterminer si le participant est capable d'identifier les faux pas, l'évaluateur demande au participant si quelqu'un de l'histoire a dit quelque chose qu'il ne fallait pas. Si le participant répond correctement, d'autres questions sont posées afin de déterminer si le participant comprend les versants cognitif (i.e., aspect non-intentionnel du faux pas pour le locuteur) et affectif (i.e., caractère blessant du faux pas pour le destinataire) du faux pas. Dans la tâche d'interprétation du regard ou RMET (cf. Figure 9), l'évaluateur présente des photographies de yeux évoquant un état mental et le participant doit choisir parmi quatre mots celui qui représente le mieux l'état mental exprimé par le regard (Samson, 2012).

[9] Cette histoire est tirée de la version française du test, accessible sur ce site : https://www.autismresearchcentre.com/

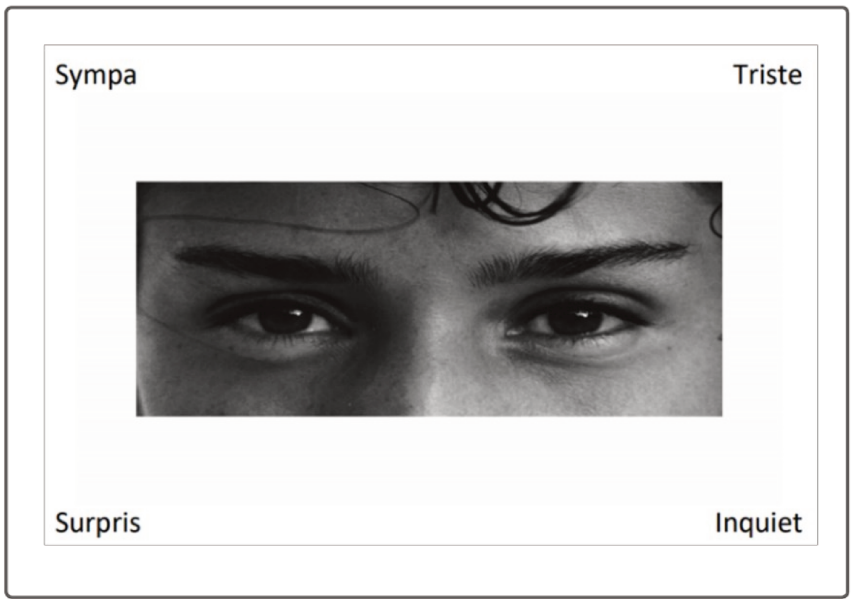

Figure 9 : Exemple d'un item du RMET de Baron Cohen et al. (2001)[10].

En plus de cette première distinction entre les composantes cognitive et affective, deux niveaux de la théorie de l'esprit ont été distingués : la théorie de l'esprit de premier ordre et celle de second ordre. **La théorie de l'esprit de premier ordre**, qui correspond à ce que la personne pense de ce qu'une autre personne pense (e.g., « Marie pense que… ») est celle qui a été le plus étudiée (Miller, 2009). **La théorie de l'esprit de second ordre** a été introduite plus tardivement par Perner et Wimmer (1985). Elle désigne la capacité d'une personne à se représenter ce qu'une personne A pense d'une autre personne B (e.g., « Marie pense que Pierre pense que... »). Cette capacité nécessiterait un développement des fonctions cognitives plus important, et émergerait donc plus tardivement chez l'enfant (à partir de 6-7 ans ; Perner & Wimmer, 1985). Comme illustré dans la Figure 10, les tâches des fausses croyances diffèrent en fonction du niveau cognitif que l'on souhaite évaluer.

[10] Cet item est tiré de la version française du test, accessible sur ce site : https://www.autismresearchcentre.com/

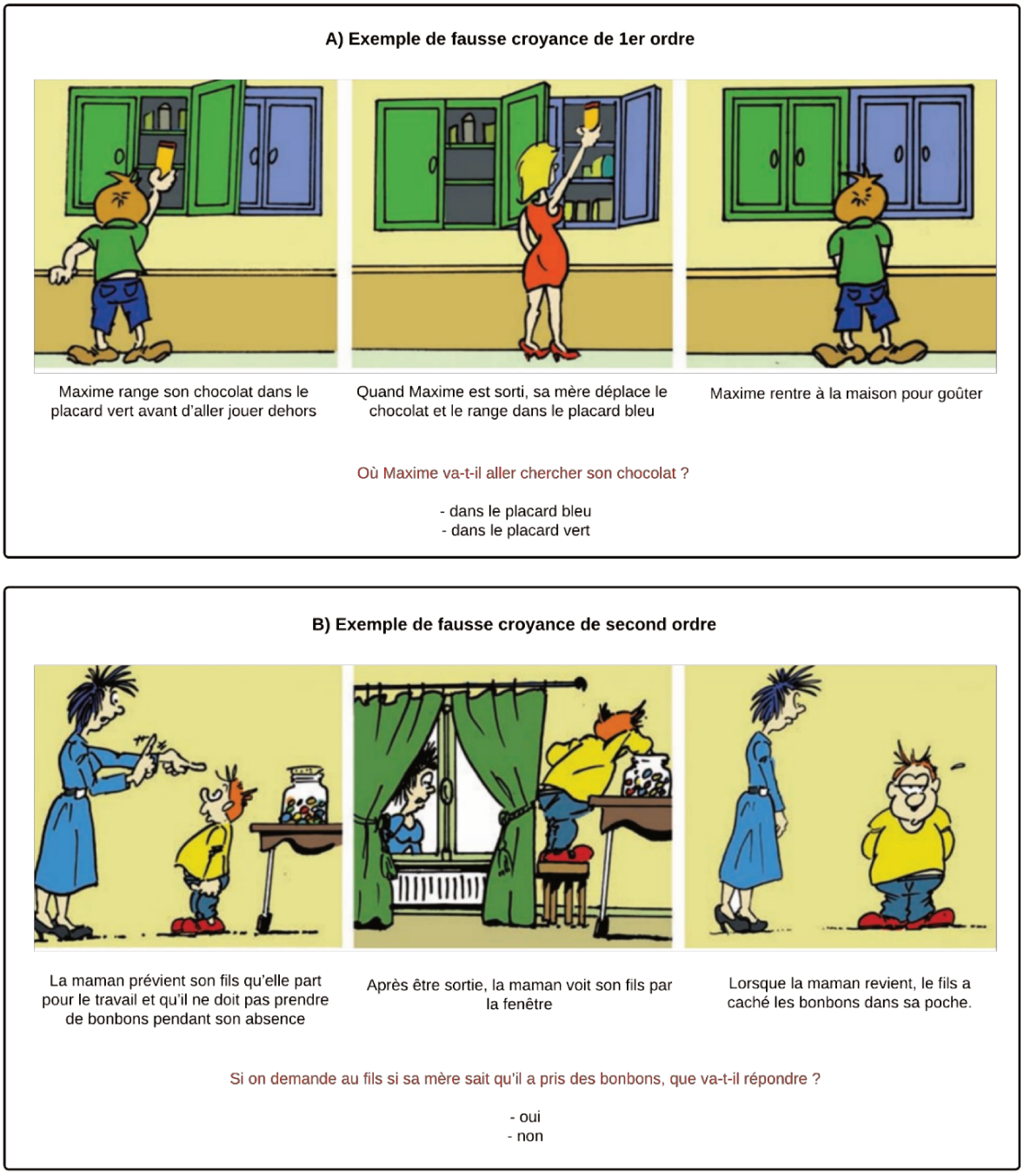

Figure 10 : Exemples de tâches évaluant la théorie de l'esprit de premier et second ordre extraites de la ToM-15 (Desgranges et al., 2012 ; adapté de Duval et al., 2011).

1.2.3. Empathie

L'empathie est une autre fonction centrale de la cognition sociale, indispensable pour le bon développement des compétences sociales (Singer, 2006). Plusieurs définitions de l'empathie ont été proposées. Certains auteurs proposent une définition très large et suggèrent que l'empathie est non seulement la capacité à comprendre l'état affectif d'une autre personne, mais

également l'expérience de partage de l'émotion de l'autre (Decety & Jackson, 2004 ; Preston & De Waal, 2002). D'autres auteurs, en revanche, optent pour une définition plus précise. Par exemple, De Vignemont & Singer (2006) proposent de considérer quatre caractéristiques pour parler d'empathie : (1) la personne présente une émotion ; (2) cette émotion est isomorphe à celle d'une autre personne ; (3) cette émotion est induite par l'observation ou l'imagination de l'autre personne ; (4) la personne est consciente du fait que l'émotion qu'elle ressent provient de l'observation ou l'imagination de l'émotion de l'autre.

Tout comme pour la théorie de l'esprit, certains auteurs suggèrent de faire la distinction entre une composante cognitive et une composante affective de l'empathie. **L'empathie cognitive** correspond à la capacité à comprendre les émotions d'une autre personne sans les éprouver soi-même. **L'empathie affective**, quant à elle, représente l'habileté à partager et expérimenter les émotions d'une autre personne, c'est-à-dire à ressentir ce qu'autrui ressent. La composante cognitive de l'empathie se chevauche avec le concept de théorie de l'esprit affective (Baron-Cohen, 2011 ; Baron-Cohen & Wheelwright, 2004 ; Henry et al., 2016), les deux correspondant à la compréhension des émotions d'une autre personne. Il est ainsi évident qu'il existe une absence de barrière claire entre ces deux construits, pouvant être à l'origine de résultats divergents dans les études. Alors que certains auteurs proposent de regrouper ces deux concepts en un seul (e.g., « Understanding Mental States » dans la catégorisation de l'initiative RDoC), d'autres auteurs restreignent l'empathie à sa composante affective et l'isolent des processus de théorie de l'esprit (avec ses composantes affective et cognitive ; Baron-Cohen, 2011 ; Henry et al., 2016 ; Shamay-Tsoory, 2015 ; Singer, 2006 ; cf. Figure 11). Étant donné que des études cliniques et de neuroimagerie suggèrent que l'empathie (i.e., la composante affective) et la théorie de l'esprit (i.e., composantes cognitive et affective) sont distinctes (Happé et al., 2017 ; Schurz et al., 2021 ; Singer, 2006 ; cf. section 2.1.2. Théorie de l'esprit), cette catégorisation est celle que nous utiliserons par la suite dans ce manuscrit. Nous distinguons, d'une part, la capacité à comprendre les émotions, pensées, croyances et savoirs d'une autre personne sans les éprouver soi-même (i.e., théorie de l'esprit) et, d'autre part, la capacité à ressentir les émotions d'une autre personne (i.e., empathie).

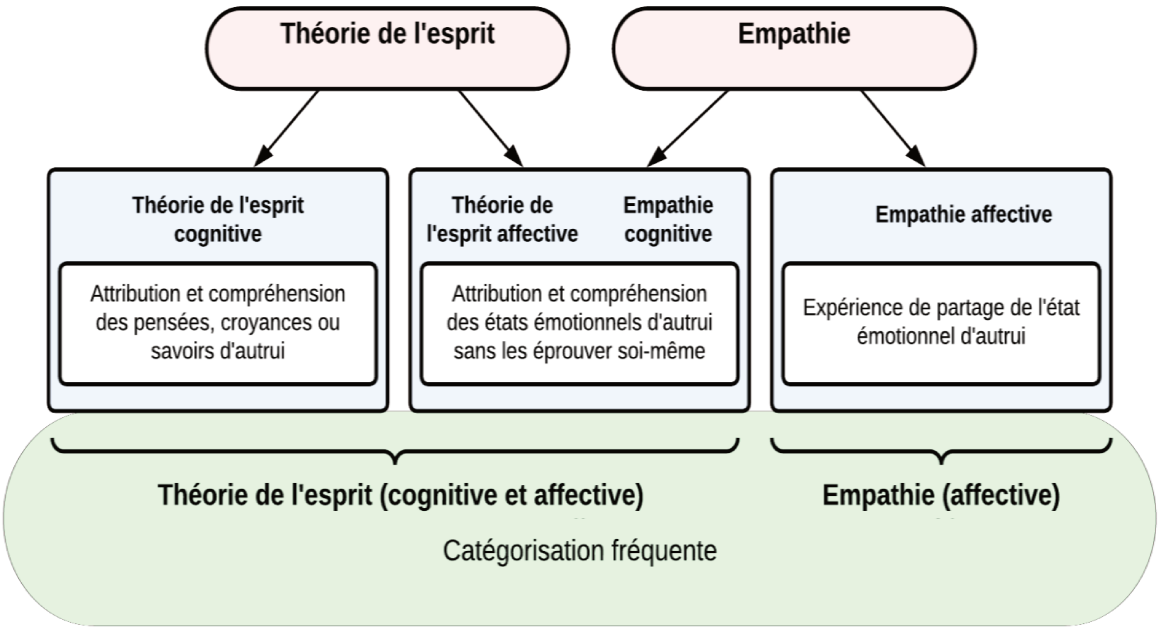

Figure 11 : Représentation schématique du lien entre théorie de l'esprit et empathie. En vert, l'une des catégorisations les plus utilisées est représentée. Cette catégorisation est celle sur laquelle nous nous appuyons dans ce manuscrit. Nous distinguons, d'une part, la capacité à comprendre les émotions, pensées, croyances et savoirs d'une autre personne sans les éprouver soi-même (i.e., théorie de l'esprit) et, d'autre part, la capacité à ressentir les émotions d'une autre personne (i.e., empathie).

Cette absence de consensus dans la distinction entre empathie et théorie de l'esprit conduit à une difficulté dans la construction des outils utilisés pour évaluer ces construits. L'empathie est souvent évaluée à l'aide de questionnaires qui intègrent à la fois une évaluation de la composante cognitive et de la composante affective. Par exemple, l'*Interpersonal Reactivity Index* (IRI ; Davis, 1983) est un questionnaire qui comprend des échelles évaluant la composante affective (i.e., « empathy concern », « personal distress ») et des échelles évaluant la composante cognitive de l'empathie (i.e., « perspective taking », « fantasy »). Des tâches ont également été développées, dans lesquelles des histoires qui impliquent au moins un personnage sont souvent présentées et des questions sont posées sur l'état affectif du personnage (i.e., composante cognitive) ainsi que sur l'état émotionnel du participant en réponse à celui du personnage (i.e., composante affective). Par exemple : « Comment se sent Marie ? », « Comment Marie vous fait-elle sentir ? », « Pourquoi vous fait-elle ressentir cela ? » (e.g., *Empathy Response Task* [ERT] ; Ricard & Kamberk-Kilicci, 1995). Comme évoqué préalablement, l'empathie cognitive et la théorie de l'esprit affective ont tendance à se chevaucher. Pour cette raison, certaines mesures de l'empathie qui intègrent à la fois les composantes cognitive et affective ou qui ne se concentrent que sur la composante cognitive

sont considérées par certains auteurs comme des mesures d'empathie, tandis que d'autres les considèrent comme des mesures de théorie de l'esprit (cf. section 2.1.3. Empathie).

L'empathie et la théorie de l'esprit commencent à se développer tôt et en parallèle. Dès les premiers jours de vie, les nouveaux-nés qui entendent les pleurs d'un autre nouveau-né se mettent à pleurer en réponse (Martin & Clark, 1982 ; Sagi & Hoffman, 1976). À partir du milieu de la deuxième année, les enfants vont faire preuve d'empathie en réagissant à la détresse des autres personnes et vont commencer à comprendre la différence entre un partenaire qui souhaite coopérer et un autre qui n'est pas disposé à le faire. Ces enfants vont également commencer à prendre conscience que les autres ont des états mentaux différents des leurs, ce qui va leur permettre de prendre en compte le point de vue de l'autre et d'avoir plus de comportements prosociaux. Pendant les années scolaires, l'enfant deviendra capable de comprendre que les autres personnes ressentent des émotions non seulement dans une situation particulière, mais de façon plus générale au cours de leur vie. Cela leur permettra de faire preuve d'empathie non seulement lors d'une situation de détresse particulière, mais également lorsqu'ils imaginent la vie triste d'une autre personne (Hoffman, 2008).

Ainsi, l'empathie et la théorie de l'esprit se développent toutes deux fortement pendant les quatre premières années de vie. Parce que l'empathie est une composante essentiellement affective, elle émergerait la première. En effet, l'empathie repose sur des structures limbiques qui se développent tôt, tandis que la théorie de l'esprit repose sur des régions préfrontales et temporales qui se développent plus tardivement (Singer, 2006). Même s'il est conceptuellement plus confortable de les dissocier, les deux fonctions sont pragmatiquement très liées. Il serait par exemple possible d'améliorer l'empathie après une rééducation de la théorie de l'esprit (e.g., Holopainen et al., 2019).

1.3. Bases cérébrales de la cognition sociale

Les recherches en neurosciences ont mis en évidence un lien entre la cognition sociale et les régions préfrontales (Uekermann et al., 2010). Par exemple, des travaux portant sur des personnes cérébrolésées ont montré qu'une altération du cortex préfrontal, et en particulier du cortex orbitofrontal, entraîne des changements dans le comportement, les émotions et le fonctionnement social (cf. Eslinger et al., 2004, pour une revue). L'émergence de nouvelles techniques d'imagerie cérébrale a également permis de contribuer à ces recherches. Par exemple, l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle a commencé à être utilisée afin

d'étudier l'activité cérébrale durant la réalisation de tâches de cognition sociale (Adolphs, 2001 ; Beauchamp & Anderson, 2010). En plus des recherches réalisées chez des populations saines et cliniques, des études chez des animaux non-humains ont été indispensables dans l'identification des circuits neuronaux et des mécanismes moléculaires impliqués dans le fonctionnement sociocognitif (e.g., Goursaud & Bachevalier, 2007 ; Meyer et al., 2007 ; Phelps & LeDoux, 2005). Toutes ces recherches ont permis de comprendre l'implication dans la cognition sociale d'un réseau neuronal complexe mettant en jeu de nombreuses structures incluant notamment le cortex préfrontal (Adolphs, 2001). L'ensemble de ces structures est communément appelé « **cerveau social** » (Fernández et al., 2018).

De nombreux auteurs ont tenté de comprendre comment le cerveau social est organisé. Par exemple, Beauchamp & Anderson (2010) suggèrent que certaines aires cérébrales sont impliquées dans un traitement sociocognitif de bas niveau (e.g., reconnaissance des émotions) et se développent tôt chez l'enfant, alors que d'autres aires cérébrales se développent durant l'enfance et l'adolescence et contribuent à des processus de plus haut niveau (e.g., la théorie de l'esprit). En particulier, les aires impliquées dans la reconnaissance des émotions, qui seraient fonctionnelles tôt dans le développement cognitif humain, seraient sous contrôle d'un large ensemble de structures comprenant l'amygdale, l'insula, le cortex orbitofrontal et le striatum ventral (cf. Phillips et al., 2003, pour une revue). Les fonctions de plus haut niveau cognitif seraient en revanche impliquées dans les régions frontales, qui continuent de se développer pendant l'enfance et l'adolescence (Beauchamp & Anderson, 2010). Plusieurs études ont mis en évidence l'implication du cortex préfrontal médian, de l'amygdale, du sulcus temporal supérieur (STS) et des pôles temporaux dans les activités de théorie de l'esprit (Fine et al., 2001 ; Frith & Frith, 2006 ; Gallagher & Frith, 2003).

Les recherches sur la cognition sociale se sont également penchées sur les neurones miroirs avec la découverte de l'activation des neurones du cortex prémoteur du singe quand ils réalisaient une action ou quand ils observaient quelqu'un d'autre réaliser la même action (Gallese et al., 1996). Des travaux en neuroimagerie ont rapporté des arguments en faveur de l'existence de ces neurones chez l'humain et de leur implication dans les aptitudes sociales, et en particulier dans la compréhension des intentions, des émotions et des pensées des autres personnes (Fabbri-Destro & Rizzolatti, 2008 ; Rizzolatti et al., 2009). Les neurones miroirs ont été aussi bien associés à la théorie de l'esprit qu'à l'empathie affective (Narme et al., 2010). Cependant, certains auteurs s'opposent à l'idée que ces neurones soient impliqués dans la compréhension des états mentaux d'autrui (cf. Hickok, 2009, pour une revue). En effet, à

l'heure actuelle, il n'existe pas de preuve directe de l'existence des neurones miroirs dans le cerveau humain, et il existe peu de preuves de leur implication spécifique dans les processus de la cognition sociale chez les primates humains comme non-humains. D'autres travaux devront examiner l'implication de ces neurones dans la cognition sociale après avoir montré l'existence réelle de ces neurones chez l'humain (Beauchamp & Anderson, 2010).

Ainsi, de nombreuses structures sont impliquées dans la cognition sociale, telles que l'amygdale, le cortex préfrontal, le STS, le gyrus fusiforme et le pôle temporal. Afin de comprendre les bases cérébrales du cerveau social, Kennedy & Adolphs (2012) ont synthétisé les différentes structures et réseaux neuronaux constituant le cerveau social. Selon ces auteurs, la cognition sociale mettrait en jeu plusieurs systèmes : (1) un système de saillance des stimuli amygdalo-orbitofrontal ; (2) un système de mentalisation dans les régions préfrontales médianes et temporales supérieures ; (3) un système d'empathie dans l'amygdale insulaire ; (4) un système des neurones miroir dans la région préfrontale pariétale (cf. Figure 12).

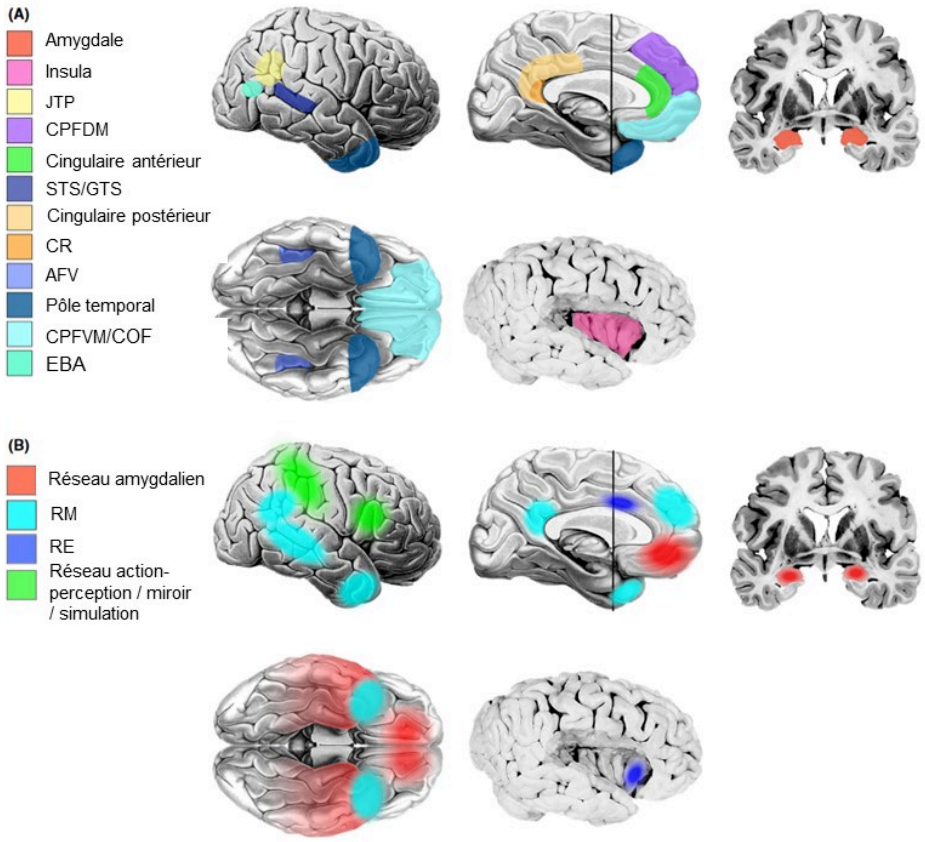

Figure 12 : Description des (A) structures et (B) réseaux neuronaux impliqués dans la cognition sociale chez l'adulte (reproduit de Kennedy & Adolphs, 2012). JTP = jonction temporo-pariétale ; CPFDM = cortex préfrontal dorso-médial ; STS/GTS = sulcus temporal supérieur/gyrus temporal supérieur ; CR = cortex rétrosplénial ; AFV = aire fusiforme du visage ; CPFVM/COF = cortex préfrontal ventro-médial/cortex orbito-frontal ; EBA = *extrastriate body area* ; RM = réseau de mentalisation ; RE = réseau d'empathie.

2. État des lieux de la cognition sociale dans le TDAH

2.1. Domaines sociaux atteints

De nombreux travaux ont montré que les enfants atteints de TDAH présentent des déficits dans le fonctionnement social (Hoza, 2007 ; McQuade & Hoza, 2008 ; Nijmeijer et al., 2008 ; Nixon, 2001 ; Ros & Graziano, 2017). Greene et al. (1997) ont estimé que 22 % de ces enfants rencontrent des difficultés. Ils présentent notamment des problèmes relationnels avec les membres de leur famille (Harpin, 2005), les enseignants (Ewe, 2019) et/ou leurs pairs (Gardner & Gerdes, 2015 ; Hoza, 2007 ; Hoza et al., 2005 ; McQuade & Hoza, 2008), pouvant être à l'origine de dysfonctionnements à long terme, tels que l'anxiété voire même la délinquance

(Greene et al., 1997 ; Mrug et al., 2012). Plusieurs facteurs peuvent contribuer à ces difficultés, telles que des altérations dans le traitement, la compréhension et la réponse aux informations sociales (Bora & Pantelis, 2016). En accord avec ce constat, des travaux en neuroimagerie ont identifié des dysfonctionnements dans diverses régions cérébrales impliquées dans la cognition sociale (cf. section 1.3. Bases cérébrales de la cognition sociale) tels que le cortex préfrontal ou l'amygdale (cf. Kasparek et al., 2015, pour une revue). En parallèle, des études comportementales ont montré des difficultés dans différents domaines de la cognition sociale, susceptibles de contribuer aux problèmes sociaux que rencontrent ces enfants au quotidien. Cependant, une analyse plus approfondie de la littérature révèle l'absence de consensus quant aux composantes spécifiques de la cognition sociale affectées.

2.1.1. Reconnaissance des émotions

En ce qui concerne en premier lieu la reconnaissance des émotions faciales, des travaux ont rapporté que les enfants atteints de TDAH éprouvent des difficultés par rapport à des enfants au développement typique (Aspan et al., 2014 ; Boakes et al., 2007 ; Da Fonseca et al., 2009 ; Parke et al., 2021 ; Pelc et al., 2006 ; Williams et al., 2008). Plus concrètement, les études ont montré que la peur est l'expression faciale la plus difficilement reconnaissable pour ces enfants (Aspan et al., 2014 ; Boakes et al., 2007). D'autres déficits ont également été rapportés dans la reconnaissance de la colère (Pelc et al., 2006), du dégoût (Boakes et al., 2007), de la tristesse (Pelc et al., 2006), de la joie (Tehrani-Doost et al., 2017) et de la surprise (Buongiorno et al., 2020). Cependant, les résultats sont très hétérogènes, de nombreuses autres études ne parvenant pas à identifier de difficultés (Airdrie et al., 2018 ; Berggren et al, 2016 ; Gumustas et al., 2017 ; Noordermeer et al., 2020 ; Pitzianti et al., 2017 ; Schwenck et al., 2013). Bora & Pantelis (2016) ont conduit une méta-analyse, explorant les capacités de théorie de l'esprit et de reconnaissance des émotions chez des individus atteints de TDAH par rapport à des individus sans troubles et présentant un TSA, de l'enfance à l'âge adulte. Dans cette dernière, les auteurs ont inclus 18 études chez les enfants et 7 études chez les adultes qui comparent les performances en reconnaissance des émotions faciales dans le TDAH par rapport à l'absence de trouble. Malgré l'hétérogénéité des résultats, ces derniers ont mis en évidence un déficit de la

reconnaissance des émotions faciales modéré chez les enfants (d[11] = 0.49) et les adultes (d = 0.33), qui ne différait pas en fonction de l'âge.

Une des raisons susceptibles d'expliquer l'hétérogénéité des résultats réside probablement dans les différences dans les tâches employées. Par exemple, Borhani et Nejati (2018), dans une revue systématique, ont expliqué que certains chercheurs utilisent des tâches qui reposent sur des fonctions non sociales telles que la mémoire de travail ou l'inhibition (e.g., Yuill & Lyon, 2007), tandis que d'autres cherchent à minimiser l'implication de ces composantes exécutives (e.g., Sinzig et al., 2008). De plus, l'absence de consensus dans la définition de la cognition sociale est certainement à l'origine de ces divergences, en raison de l'utilisation de tâches qui n'évaluent probablement pas le construit en question. Par exemple, certains auteurs considèrent le RMET comme étant un test de reconnaissance des émotions (e.g., Oakley et al., 2016) alors que d'autres le perçoivent comme un test de théorie de l'esprit (e.g., Baron-Cohen, Jolliffe, et al., 1997).

Alors que la reconnaissance des émotions à partir de visages a fait l'objet de nombreuses études dans le TDAH, moins de travaux se sont intéressés à la reconnaissance d'émotions à partir d'autres indices de la communication tels que la posture du corps ou la voix. Corbett et Glidden (2000) ont mis en évidence des faibles performances dans des tâches de prosodie chez des enfants âgés de 7 à 12 ans atteints d'un TDAH, par rapport à des enfants au développement typique. Cependant, d'autres travaux ne sont pas parvenus à montrer des déficits. Par exemple, Hall et al. (1999) ont étudié la perception des émotions à partir d'indices non-verbaux (i.e., postures, gestes, voix) chez des enfants de 7 à 10 ans avec seulement TDAH, des enfants avec TDAH présentant également un trouble des apprentissages et des enfants au développement typique. Ces auteurs ont montré que seuls les enfants du groupe TDAH avec un trouble des apprentissages avaient des performances moins élevées que les enfants au développement typique, suggérant que l'absence de comorbidité dans le TDAH serait associée à une absence de difficultés dans la perception des émotions non faciales. La méta-analyse de Bora & Pantelis (2016) a montré une difficulté modérée à reconnaître des émotions vocales chez les enfants et adultes (d = 0.40). Toutefois, nous pouvons constater le manque d'études conduites consacrées

[11] Le d de Cohen est une statistique très utilisée en psychologie pour caractériser l'ampleur de l'effet associé à la différence entre deux moyennes. Traditionnellement, un d autour de 0,2 est décrit comme un effet « faible », 0,5 « moyen » et 0,8 comme « fort ». Dans la méta-analyse de Bora & Pantelis (2016), le d de Cohen représente la magnitude de l'effet concernant la différence entre les individus atteints d'un TDAH et les individus sans troubles sur les mesures de cognition sociale. Plus le d est élevé et plus les individus atteints d'un TDAH rencontrent des difficultés de cognition sociale par rapport aux individus sans troubles.

à la reconnaissance des émotions vocales dans le TDAH (six études incluses comprenant à la fois des enfants et des adultes).

2.1.2. Théorie de l'esprit

Tandis que plusieurs auteurs suggèrent que les enfants souffrant de TDAH rencontrent des difficultés de théorie de l'esprit (Berenguer et al., 2018 ; Bolat et al., 2016 ; Demirci & Erdogan, 2016 ; Maoz et al., 2019 ; Mary et al., 2016 ; Özbaran et al., 2018 ; Şahin et al., 2018), d'autres concluent à une absence de déficit (Charman et al., 2001 ; Pitzianti et al., 2017 ; Yang et al., 2009). Dans leur méta-analyse, Bora & Pantelis (2016) ont inclus 19 études comparant des enfants souffrant d'un TDAH et au développement typique et 5 études comparant des adultes. Les auteurs ont intégré différentes tâches de théorie de l'esprit, les plus communes étant le RMET et les histoires de Happé (1994). Dans cette dernière, l'évaluateur présente des histoires sur des situations quotidiennes dans lesquelles des personnes disent des choses qu'ils ne pensent pas littéralement. D'autres mesures comprenaient différentes versions de tâches de fausses croyances, de reconnaissance de faux pas et de sarcasme. Les résultats ont révélé une difficulté en théorie de l'esprit modérée chez les enfants (d = 0.56), mais aucun déficit chez les adultes (d = 0.04), suggérant une diminution des difficultés en fonction de l'âge. Une analyse complémentaire a mis en évidence que ces difficultés étaient présentes chez tous les individus ayant un TDAH, qu'ils aient été évalués avec le RMET (d = 0.44) ou avec les histoires de Happé (d = 0.51). Cette analyse est essentielle car le RMET est parfois considéré comme un test évaluant une habileté moins élaborée de la cognition sociale, certains auteurs le considérant comme une tâche de reconnaissance des émotions (e.g., Oakley et al., 2016).

Une des raisons de cette controverse réside, tout comme pour la reconnaissance des émotions, dans l'absence de consensus concernant la définition de la théorie de l'esprit et les tâches qui relèvent de ce construit (Happé et al., 2017). Comme mentionné préalablement (cf. section 1.2.2. Théorie de l'esprit), la théorie de l'esprit présente deux niveaux (i.e., premier ordre et de second ordre) et deux dimensions (i.e., cognitive et affective). Cependant, il existe de nombreuses mesures de la théorie de l'esprit différentes, sans qu'il y ait un accord général sur le niveau ou la facette précise évaluée par chacune d'entre elles. Par conséquent, les équipes de recherche sont contraintes d'utiliser des tâches qui évaluent un ou plusieurs niveaux ou facettes de ce construit, sans les distinguer et en concluant sur la préservation ou atteinte de la théorie de l'esprit dans son ensemble.

En plus de cette absence de consensus concernant les composantes appartenant à la théorie de l'esprit, nous retrouvons le problème d'absence de consensus quant à sa distinction avec l'empathie (Happé et al., 2017). Puisque la composante affective de la théorie de l'esprit se chevauche avec la composante cognitive de l'empathie, certains auteurs ont, par exemple, considéré les outils évaluant la théorie de l'esprit affective ou l'empathie cognitive comme des mesures de théorie de l'esprit (e.g., Çiray et al., 2022 ; Downs & Smith, 2004 ; Özbaran et al., 2018), alors que d'autres les ont considérés comme des mesures d'empathie (e.g., Demurie et al., 2011 ; Dyck et al., 2001 ; Maoz et al., 2019). Pourtant, des travaux suggèrent que l'empathie affective et la théorie de l'esprit (composantes cognitive et affective) sont distinctes (Happé et al., 2017), et qu'en fonction de la pathologie, une fonction peut être altérée alors que l'autre reste intacte. Par exemple, chez les enfants atteints d'un TSA, des études ont mis en évidence que la théorie de l'esprit est atteinte (e.g., White et al., 2009), alors que l'empathie affective est préservée (e.g., Bird et al., 2010). Une distinction similaire pourrait également exister chez les enfants atteints d'un TDAH, mais l'absence de consensus en ce qui concerne la définition de ces construits et la catégorisation des mesures employées ne permet malheureusement pas de la mettre en évidence.

2.1.3. Empathie

L'empathie n'a fait l'objet d'aucune méta-analyse dans le contexte du TDAH. Il s'agit de la composante la moins explorée parmi les trois présentées dans ce chapitre, probablement en raison de la difficulté à l'évaluer. En effet, il s'agit d'évaluer ce que l'enfant ressent par rapport à l'état mental d'une autre personne, ce qui, d'une part, concerne un aspect très subjectif et, d'autre part, pose des problèmes de mise en situation. Dans la majorité des études, les auteurs utilisent des questionnaires, souvent remplis par les parents. Dans d'autres cas, les chercheurs emploient des questionnaires auto-rapportés ou remplis par les enseignants ainsi que des tâches neuropsychologiques. En raison de la diversité des mesures utilisées et de la difficulté à définir ce construit (notamment en le distinguant de la théorie de l'esprit), les recherches ont rapporté des résultats hétérogènes (Braaten & Rosén, 2000 ; Demirci et al., 2016 ; Deschamps et al., 2015 ; Gumustas et al., 2017 ; Günay Ay & Kılıç, 2019 ; Maoz et al., 2019 ; Marton et al., 2009 ; Schwenck et al., 2011).

Par exemple, Braaten & Rosén (2000) ont comparé des garçons souffrant de TDAH et au développement typique, âgés de 6 à 13 ans, sur une tâche d'empathie (*Empathy Response Task*) dans laquelle des situations étaient présentées à l'enfant, qui devait inférer l'émotion ressentie

par un personnage, exprimer l'émotion qu'il ressentait en retour, et expliquer la raison pour laquelle il ressentait cette émotion. Les enfants atteints de TDAH ont rencontré plus de difficultés à faire correspondre l'émotion qu'ils identifient chez le personnage avec celle qu'ils identifient en eux-mêmes et ont fourni moins d'interprétations des émotions centrées sur le personnage. Marton et al. (2009) ont évalué les capacités d'empathie d'enfants âgés de 8 à 12 ans atteints d'un TDAH, par rapport à des enfants au développement typique. Pour cela, ils ont utilisé des questionnaires auto- et hétéro-rapportés. Selon l'évaluation parentale, les enfants avec TDAH étaient moins empathiques que les enfants au développement typique. Cette différence n'était toutefois pas retrouvée lors de l'auto-évaluation, ce phénomène pouvant s'expliquer par un biais de désirabilité sociale. De plus, les filles avaient de meilleures compétences d'empathie que les garçons. En revanche, lorsque les auteurs ont tenu compte de la présence de troubles des conduites, les différences entre les enfants TDAH et au développement typique se sont effacées. Ces résultats ont ainsi mis en évidence l'impact significatif des troubles des conduites, fréquents dans le TDAH, sur l'empathie des enfants. De plus, Deschamps et al. (2015) ont montré que des enfants atteints de TDAH avec et sans troubles du comportement (âgés de 6 à 7 ans) étaient évalués comme étant moins empathiques par leurs enseignants que les enfants au développement typique, alors que cette conclusion n'était pas rapportée par les parents. Enfin, Schwenck et al. (2011) ont montré que les enfants souffrant d'un TDAH ayant un sous-type combiné[12] rencontraient plus de difficultés dans une tâche d'empathie (i.e., ERT[13]) que des enfants atteints de TDAH avec un sous-type inattentif. Ainsi, l'hétérogénéité des résultats pourrait s'expliquer aussi bien par la diversité des mesures utilisées (e.g., questionnaires, tâches), que par le caractère hétérogène du trouble (e.g., comorbidités fréquentes, sous-types du TDAH) ou les caractéristiques démographiques (e.g., sexe ou âge). Plus d'études sont donc nécessaires afin de comprendre les facteurs qui contribuent aux difficultés d'empathie chez les enfants souffrant d'un TDAH.

2.1.4. Compétences sociales au quotidien

La littérature scientifique a consacré une attention considérable au statut social et aux relations d'amitié des enfants atteints de TDAH (cf. Hoza, 2007 ; McQuade & Hoza, 2008, pour des

[12] Rappelons que le TDAH se caractérise par trois présentations cliniques (ou sous-types) : une présentation inattentive dominante, une présentation hyperactive/impulsive dominante, ainsi qu'une présentation combinée (combinant les symptômes des deux premières formes cliniques).

[13] Pour rappel, *Empathy Response Task.*

revues). Par exemple, Hoza et al. (2005) ont estimé que 52 % des enfants atteints d'un TDAH, âgés de 7 à 10 ans, sont rejetés par leurs pairs, comparativement à 14 % des enfants au développement typique. De plus, ces enfants ont un nombre inférieur d'amis et, lorsqu'ils ont des amis, ils rencontrent plus de difficultés à les garder sur la durée. Une étude longitudinale de Normand et al. (2013) rapporte, au cours d'une période de six mois, une plus grande perte d'amis chez les enfants atteints d'un TDAH, par rapport à des enfants au développement typique. De plus, après la période de six mois, les amis des enfants souffrant d'un TDAH rapportent moins de satisfaction par rapport à la relation, moins de caractéristiques positives et plus de conflits. En revanche, les enfants TDAH ne rapportent pas de détérioration de la relation au cours de cette période. Au-delà des relations avec les pairs, des difficultés avec la famille et les enseignants ont été également rapportées (Ewe, 2019 ; Harpin, 2005).

Il est primordial d'évoquer que les tâches neuropsychologiques ne permettent pas toujours d'identifier des difficultés présentes au quotidien. Par exemple, Barkley (2015 ; Barkley & Fischer, 2011 ; Barkley & Murphy, 2011) a montré que les échelles d'évaluation des fonctions exécutives prédisent mieux le fonctionnement dans la vie quotidienne que les tâches neuropsychologiques, ce qui suggère que les performances des individus avec un TDAH peuvent varier en fonction des méthodes d'évaluation employées. Charman et al. (2001) ont en particulier montré que les enfants atteints de TDAH ne rencontrent pas de difficultés de théorie de l'esprit lors de l'utilisation d'une tâche neuropsychologique (i.e., histoires de Happé), alors que des déficits sont rapportées dans la vie quotidienne à l'aide de questionnaires évaluant les compétences sociales (*Vineland Adaptive Behavior Scales*, [VABS], Sparrow et al., 1984 ; *Active Sociability and Interactive Sociability Scales,* Frith et al., 1994). De plus, les résultats ont révélé des corrélations entre les performances au test de théorie de l'esprit et ceux aux questionnaires de compétences sociales chez les enfants au développement typique, mais pas chez les enfants atteints d'un TDAH. Selon les auteurs, les tâches neuropsychologiques ne reflètent pas la capacité des enfants atteints d'un TDAH à utiliser leurs compétences dans les interactions quotidiennes, parce qu'elles impliqueraient des informations sociales moins complexes. Dans l'ensemble, ces résultats soulèvent la question de la validité écologique des tâches de cognition sociale et reflètent le besoin d'évaluer les compétences sociales de ces enfants au moyen de questionnaires. Les compétences sociales devraient donc être distinguées de la cognition sociale (Yager & Ehmann, 2006). Elles se développent grâce à l'émergence de la cognition sociale, mais reposent également sur la cognition non sociale (Beauchamps & Anderson, 2011 ; cf. section 1.1. Définitions et modèles théoriques).

Les compétences sociales des enfants atteints d'un TDAH sont en réalité plus souvent évaluées que la cognition sociale. Elles le sont à l'aide de questionnaires auto- ou hétero-rapportés (e.g., Blackman et al., 2005 ; Charman et al., 2001 ; Greenbaum et al., 2009 ; McQuade et al., 2014) et de l'observation (Hinshaw, 2002 ; Hodgens et al., 2000). Il existe des questionnaires généraux qui mesurent les problèmes psychologiques et comportementaux (e.g., Childhood Behavior Checklist, Achenbach, 1991 ; Conners' Rating Scales, Conners, 1997) et d'autres évaluant les compétences sociales plus spécifiquement (e.g., Social Skills Rating Scale, SSRS, Gresham & Elliot, 1990). Qu'elle que soit la méthode utilisée, les études mettent généralement en lumière des difficultés. Néanmoins, la plupart des études reposent sur des échantillons comprenant exclusivement des garçons d'âge scolaire et ayant majoritairement une présentation combinée du TDAH (i.e., symptômes d'inattention et d'hyperactivité/impulsivité). Or, il existe une hétérogénéité importante dans les difficultés sociales de ces enfants, des problèmes sociaux plus importants ayant été montrés, par exemple, chez les enfants ayant un sous-type combiné que chez les enfants ayant un sous-type inattentif (Semrud-Clikeman, 2010). À l'heure actuelle, il n'existe pas de consensus quant aux variables favorisant ces difficultés (e.g., comorbidité, âge, sexe, déficits de la cognition sociale, sous-type de TDAH). Davantage d'études sont donc nécessaires pour mieux comprendre les variables potentiellement à l'origine de ces déficits.

2.2. Quel impact des fonctions cognitives non sociales ?

Rappelons que les difficultés premières du TDAH concernent non pas la cognition sociale, mais les déficits attentionnels et exécutifs (Griffiths et al., 2017 ; Sjöwall et al., 2013 ; Sjöwall & Thorell, 2022 ; Willcutt et al., 2005 ; Zheng, Cheng, et al., 2022). Néanmoins, tout porte à croire qu'il existe une interdépendance entre la cognition sociale et la cognition non sociale. Par exemple, les fonctions exécutives et attentionnelles sont contrôlées par un réseau complexe en partie commun à celui de la cognition sociale, comprenant le cortex préfrontal (Stuss, 2011 ; Takeuchi et al., 2013). Les fonctions constituant la cognition sociale et la cognition non sociale se développent en parallèle, en grande partie durant la période préscolaire, pendant laquelle des associations entre la théorie de l'esprit et les fonctions exécutives (e.g., inhibition, planification, flexibilité mentale, mémoire de travail) ont été mises en évidence (Carlson et al., 2002, 2004 ; Hughes & Ensor, 2007 ; Sabbagh et al., 2006). Même s'il est admis que les processus et réseaux neuronaux des fonctions exécutives ne sont pas strictement juxtaposables, la question de la nature exacte des relations entre ces deux domaines reste ouverte (Wade et al., 2018). Chez les enfants souffrant d'un TDAH en particulier, la présence de déficits dans ces deux domaines a

conduit les chercheurs à se poser la question de la spécificité des difficultés de cognition sociale observées[14] : sont-elles une conséquence directe du TDAH ou sont-elles le résultat des symptômes centraux du TDAH ?

À l'heure actuelle, il n'existe pas de réponse claire à cette question. Les symptômes centraux du TDAH, à savoir l'inattention et l'hyperactivité, pourraient être à l'origine de problèmes sociaux. Par exemple, les difficultés d'attention soutenue peuvent conduire à une mauvaise interprétation des intentions et des comportements des autres personnes et peuvent affecter les interactions sociales (Uekermann et al., 2010). Les symptômes d'hyperactivité, quant à eux, peuvent conduire à un rejet de la part des pairs (Nijmeijer et al., 2008). En accord avec ces constats, certaines études ont montré une association entre les performances sociocognitives et les capacités d'attention ou d'inhibition des enfants atteints d'un TDAH (Berenguer et al., 2017 ; Mary et al., 2016 ; Miranda et al., 2017 ; Shin et al., 2008 ; Sinzig et al., 2008 ; Yang et al., 2009). Par exemple, dans une étude conduite chez des enfants âgés de 6 à 18 ans atteints de TDAH et au développement typique, Sinzig et al. (2008) ont mis en évidence des corrélations entre les performances dans des tâches de reconnaissance à partir des yeux et des visages et les scores dans des tâches d'attention soutenue et d'inhibition. Néanmoins, ces auteurs n'ont pas mis en évidence de lien entre les scores dans les tâches de cognition sociale et les symptômes du TDAH, évalués à l'aide d'un questionnaire.

Dans une moindre mesure, d'autres auteurs se sont intéressés au lien entre les performances sociocognitives et les scores dans des tâches évaluant d'autres fonctions cognitives, comme la mémoire de travail, la planification ou la flexibilité cognitive (Mary et al., 2016 ; Miranda et al., 2017 ; Yang et al., 2009). Par exemple, dans une revue systématique, Pineda-Alhucema et al. (2018) ont conclu que les fonctions exécutives les plus corrélées à la théorie de l'esprit sont l'inhibition, la mémoire de travail, la flexibilité cognitive et l'attention. Par ailleurs, l'étude de Mary et al. (2016) a comparé les performances d'enfants de 8 à 12 ans atteints de TDAH à celles d'enfants au développement typique dans des tâches de théorie de l'esprit (RMET et faux pas), d'attention et de fonctions exécutives (inhibition, planification et flexibilité). Les résultats ont mis en évidence que les enfants souffrant d'un TDAH éprouvaient des difficultés plus prononcées en ce qui concerne la théorie de l'esprit, les fonctions exécutives et l'attention. De plus, des analyses supplémentaires ont révélé diverses corrélations entre les fonctions

[14] De façon plus générale, on notera que la pertinence de théoriser l'existence de processus impliqués spécifiquement dans le traitement de l'information sociale, bien que faisant consensus, est tout de même soumise à débat (*e.g.*, Lockwood et al., 2020).

exécutives et attentionnelles et la cognition sociale. Les auteurs ont également montré que, lorsque l'inhibition et l'attention ont été contrôlés, aucune différence entre les enfants atteints de TDAH et au développement typique n'étaient trouvées dans les performances en théorie de l'esprit. Cependant, lorsque la théorie de l'esprit a été contrôlée, les performances attentionnelles et d'inhibition demeuraient moins élevées dans le groupe d'enfants TDAH que dans le groupe d'enfants au développement typique. Ces résultats sont en accord avec l'hypothèse selon laquelle les altérations sociales souvent observées dans le TDAH sont partiellement dues à l'inattention et aux déficits d'inhibition, symptômes centraux du TDAH. Cependant, selon Pineda-Alhucema et al. (2018), les corrélations entre les fonctions exécutives et la théorie de l'esprit montrées dans les études sont faibles et modérées, indiquant que, malgré la corrélation, la relation entre les fonctions exécutives et la cognition sociale ne permet pas d'expliquer l'ampleur des difficultés sociales rencontrées par les enfants atteints d'un TDAH. Ainsi, il existerait des difficultés de cognition sociale « pures » qui peuvent être distinguées des difficultés secondaires aux symptômes du TDAH**.**

2.3. Limites des études : quelles solutions ?

Chez les individus souffrant de TDAH, des difficultés en matière de cognition sociale ont été identifiées, notamment dans les domaines de la reconnaissance des émotions, de l'empathie et de la théorie de l'esprit. Néanmoins, les résultats de ces études présentent une grande variabilité, qui peut s'expliquer par divers facteurs. En premier lieu, comme nous avons pu le constater, les outils utilisés pour mesurer la cognition sociale varient selon les études, rendant difficile la comparaison des résultats. L'absence de consensus dans la définition des composantes de la cognition sociale peut conduire même parfois à l'utilisation d'outils qui ne mesurent pas le construit visé (e.g., RMET[15]). En second lieu, la disparité des résultats peut être en partie expliquée par l'hétérogénéité des profils recrutés. Par exemple, certains auteurs ont recruté des enfants sans diagnostic formel de TDAH, seulement considérés comme ayant « un risque de TDAH » (Kats-Gold et al., 2007). De plus, peu d'études prennent en compte le sous-type du TDAH, alors que celui-ci peut rentrer en ligne de compte (e.g., Schwenck et al., 2011). D'autres caractéristiques, comme la présence ou l'absence de comorbidités, peut amener à des divergences, la présence de comorbidités s'accompagnant probablement de difficultés

[15] Pour rappel, le RMET (*Reading the Mind in the Eyes Test*) est considéré par certains auteurs comme une mesure de la reconnaissance des émotions et par d'autres comme une mesure de la théorie de l'esprit.

sociocognitives plus prononcées (e.g., Noordermeer et al., 2020). L'âge ou encore le sexe peuvent également contribuer à cette hétérogénéité. On note notamment une surreprésentation de garçons dans la majorité des études[16] alors même que des différences entre les sexes ont souvent été rapportées dans différents domaines de la cognition sociale (e.g., Bosacki, 2000 ; Derntl et al., 2010 ; Suzuki et al., 2006). Enfin, peu d'études ont contrôlé des variables telles que le quotient intellectuel (QI) ou les performances exécutives ou attentionnelles, alors que ces variables peuvent avoir une influence sur la cognition sociale (Mary et al., 2016 ; Shin et al., 2008 ; Sinzig et al., 2008). Ainsi, les disparités observées dans les études peuvent être attribuées à la fois aux mesures employées, aux caractéristiques des enfants atteints de TDAH recrutés (e.g., sous-type du TDAH, comorbidités, performances cognitives, sexe, âge) et à la méthodologie utilisée (e.g., diagnostic de TDAH).

Dans la méta-analyse de Bora & Pantelis (2016), examinant la théorie de l'esprit et la reconnaissance des émotions, les auteurs ont intégré des études qui ne contrôlent ni le QI, ni les fonctions attentionnelles ou exécutives, ni l'âge, ni le sexe (e.g., en appariant les groupes TDAH et contrôle ou en ajustant les variables dans les modèles statistiques). Ces auteurs ont étudié l'effet de plusieurs facteurs modérateurs (e.g., âge, sexe, QI, comorbidités) sur les performances en cognition sociale. Néanmoins, il convient de noter qu'ils n'ont pas pris en compte si ces variables étaient ajustées[17] ou non dans chacune des études. Pourtant, des travaux ont rapporté des différences significatives entre les individus atteints de TDAH et au développement typique lorsque les tailles d'effet n'étaient pas ajustées (Boakes et al., 2007 ; Bolat et al., 2016 ; Özbaran et al., 2018), tandis que d'autres n'ont montré aucune différence lorsqu'elles étaient ajustées pour le QI (Greenbaum et al., 2009 ; Gumustas et al., 2017 ; Yang et al., 2009). De fait, il est difficile de déterminer si les performances inférieures des enfants atteints de TDAH sont attribuables à des difficultés de cognition sociale en tant que telle ou si elles sont plutôt le produit de l'influence d'autres facteurs. De façon plus générale, la qualité méthodologique des études incluses n'a pas été prise en compte dans cette méta-analyse, alors que les méthodes

[16] Cette surreprésentation de garçons est certainement due au fait que le TDAH est plus souvent diagnostiqué chez les garçons que chez les filles (Willcutt, 2012).

[17] L'ajustement consiste à corriger la mesure de l'effet d'une variable indépendante sur une variable dépendante pour des variables qui peuvent être à l'origine d'une augmentation ou diminution de l'effet en question. Cela revient à contrôler certaines variables parasites et améliore ainsi la précision de l'estimation. Dans la méta-analyse de Bora & Pantelis (2016), certaines études incluses ont ajusté leurs données en corrigeant les modèles statistiques pour des variables connues pour avoir un impact considérable sur la cognition sociale, telles que l'âge, le sexe ou le QI (e.g., en réalisant une ANCOVA avec l'âge en tant que covariable), tandis que d'autres n'ont procédé à aucun ajustement.

utilisées pour étudier la cognition sociale (e.g., diagnostic de TDAH, recrutement des participants, contrôle de variables) diffèrent d'une étude à l'autre et peuvent être à l'origine d'une disparité des résultats. Par ailleurs, aucune méta-analyse n'a étudié la capacité d'empathie dans le TDAH, ni a examiné la cognition sociale en intégrant à la fois des tâches neuropsychologiques et des questionnaires.

Ainsi, le premier objectif de cette thèse est de conduire une méta-analyse des études examinant le fonctionnement social des enfants atteints de TDAH plus aboutie que celle réalisée à ce jour. Nous proposons d'examiner plusieurs construits de la cognition sociale : la reconnaissance des émotions faciales et non faciales, l'empathie et la théorie de l'esprit. De plus, nous proposons d'inclure comme construit supplémentaire l'évaluation des compétences sociales quotidiennes (i.e., questionnaires remplis par l'enfant, les parents, l'enseignant ou le clinicien sur les compétences sociales de l'enfant). Ce dernier construit, bien que théoriquement plus flou, fait l'objet de très nombreuses mesures dans la littérature et peut donc nous éclairer statistiquement sur les facteurs prédictifs des troubles du fonctionnement social au quotidien. Pour l'ensemble de ces construits, nous prendrons en compte l'ajustement ou non des tailles d'effet et la qualité méthodologique des études incluses (i.e., l'évaluation du risque de biais, cf. section 2.4.4. Biais dans les méta-analyses).

En résumé, notre méta-analyse comporte trois objectifs principaux. Le premier est d'explorer les spécificités des enfants et des adolescents atteints de TDAH dans différents domaines de la cognition sociale (i.e., théorie de l'esprit, empathie, reconnaissance des émotions faciales et non faciales) et dans les compétences sociales quotidiennes. Le deuxième est de prendre en compte l'ajustement des variables. Enfin, le dernier objectif est d'évaluer la qualité méthodologique des études incluses et son impact sur les tailles d'effet.

2.4. Méthodologie de la méta-analyse

Dans le domaine des sciences médicales et psychologiques, la quantité croissante de résultats, parfois contradictoires, constitue un défi majeur. Au cours des dernières années, les méta-analyses se sont développées pour répondre à ce besoin de synthèse. La méta-analyse est un outil statistique qui permet de combiner et de résumer les résultats de diverses études au moyen d'une méthodologie claire et précise, afin d'éviter au maximum les biais de sélection et d'interprétation et d'assurer sa reproductibilité. Dans cette section, nous résumons les grands principes de réalisation d'une méta-analyse, en nous appuyant sur les recommandations

internationales actuelles (Higgins et al., 2022 ; *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*, PRISMA[18] ; Liberati et al., 2009 ; Page, McKenzie, et al., 2021 ; Page, Moher, et al., 2021). Plusieurs étapes clés doivent être distinguées, notamment l'élaboration de la question de recherche, la recherche des études, la sélection des études, l'extraction des données, la synthèse des résultats et l'évaluation des biais (D'Agostino & Weintraub, 1995 ; Higgins, 2011 ; Maison, 2010)[19].

2.4.1. Question de recherche

La première étape d'une méta-analyse est de choisir une question de recherche qui n'a pas été déjà résolue. La question de recherche nécessite de faire des choix fondamentaux (et parfois difficiles) sur quatre aspects[20] :

- **Participants :** Il est essentiel de décrire les caractéristiques précises des participants que l'on souhaite inclure dans les études. Par exemple, dans notre méta-analyse, nous avons choisi d'inclure les études qui comportent des enfants et adolescents ayant un âge moyen allant de 5 à 19 ans et un diagnostic de TDAH selon les classifications internationales (e.g., DSM, CIM).
- **Intervention :** En sciences médicales ou psychologiques, l'intervention peut prendre diverses formes, telles qu'un médicament ou une thérapie, lorsque l'objectif est d'évaluer leur effet. Dans notre cas, l'intervention est le TDAH.
- **Contrôle** : Si l'on souhaite étudier l'effet d'un médicament sur le rétablissement de patients, les chercheurs devront définir, par exemple, soit de comparer un groupe expérimental de patients ayant testé le médicament à un groupe contrôle n'ayant pas pris le médicament, soit de comparer un même groupe de patients à deux moments différents (i.e., avant et après la prise du médicament). Dans notre méta-analyse, nous avons choisi de comparer le groupe expérimental d'enfants atteints d'un TDAH à un groupe contrôle d'enfants ne présentant pas de troubles.

[18] Des informations complémentaires sur les principes PRISMA peuvent être consultées dans leur site : http://www.prisma-statement.org/?AspxAutoDetectCookieSupport=1

[19] Des informations complémentaires sur l'élaboration d'une revue systématique ou d'une méta-analyse peuvent être consultées dans le site du groupe Cochrane : https://www.cochrane.org/

[20] Pour mémoriser les quatre éléments essentiels, nous recommandons de retenir l'acronyme « PICO » pour « Participants », « Intervention », « Contrôle » et « Outcomes ».

- « **Outcome** » : Cette étape concerne le choix de la ou des variable(s) d'intérêt. Dans notre méta-analyse, nous avons choisi d'inclure des mesures de cognition sociale et des compétences sociales quotidiennes. Cette étape est très importante et coûteuse, car elle nécessite de définir précisément ces composantes et de catégoriser les mesures dans chacun des construits. Par exemple, voici quelques questions que nous nous sommes posées : qu'est-ce que l'empathie ? comment est-elle mesurée ? faut-il inclure uniquement des tâches ou également des questionnaires ? est-ce que le RMET mesure l'empathie, la théorie de l'esprit ou bien la reconnaissance des émotions ?

2.4.2. Recherche, sélection et extraction

Les études destinées à être incluses dans la méta-analyse doivent faire l'objet d'une sélection rigoureuse. Pour cela, il est tout d'abord nécessaire de mener une recherche documentaire. Cela implique de définir les **bases de données** qui seront incluses (e.g., MEDLINE, PsychInfo, Embase) ainsi que d'identifier les principaux **termes de recherche**. Il est primordial de réfléchir à tous les synonymes de chaque mot-clé afin de garantir l'identification de toutes les études pertinentes dans ce domaine. Par exemple, pour le TDAH, nous avons sélectionné les termes suivants : « attention deficit disorder with hyperactivity », « attention* deficit* », « ADHD », « hyperkine*» (cf. Annexe 2 : Stratégies de recherche, pour voir nos stratégies de recherche complètes selon la base de données).

Une fois la stratégie de recherche choisie et adaptée à chaque base de données, l'étape suivante consiste à lancer la recherche et lire les titres et résumés des études trouvées. Des **critères d'inclusion et d'exclusion** doivent être clairement définis, afin de sélectionner les études qui répondent à ces critères. Ensuite, les versions intégrales des études potentiellement éligibles doivent être cherchées. Lorsque des études ne sont pas trouvées, le plus pertinent est de contacter les auteurs par mail pour leur demander l'article et/ou les données permettant de calculer les tailles d'effet. Les articles trouvés doivent être entièrement lus et évalués par rapport aux critères d'inclusion et d'exclusion. Afin d'éviter des éventuels biais, il est recommandé que toutes ces étapes soient réalisées par deux personnes. Les discordances doivent être résolues par obtention d'un consensus entre les deux évaluateurs ou par d'autres auteurs. Les raisons de l'exclusion de chaque étude doivent être rapportées dans un document.

L'étape suivante est l'**extraction des données** pertinentes de chacune des études. Cette tâche est très fastidieuse si le nombre d'études est élevé, et des erreurs d'inattention sont

inévitablement commises. De plus, le manque d'information dans les articles conduit parfois à une interprétation différente selon les évaluateurs. Comme pour l'étape de sélection, il est ainsi recommandé que l'extraction soit faite par deux évaluateurs. En outre, les données à extraire dépendent de chaque question de recherche, mais il est globalement pertinent d'extraire les caractéristiques des études (e.g., la méthodologie, les effectifs, les caractéristiques de la population) et les données permettant de calculer une taille d'effet (e.g., moyenne, écart-type, médiane, taille d'effet). Lorsque des données importantes ne sont pas identifiées dans les études, il est recommandé de contacter les auteurs.

2.4.3. Synthèse des données

La première partie de la synthèse des données concerne la description des études incluses (e.g., le nombre d'études identifiées, la procédure de sélection utilisée et la manière dont les études finalement retenues ont été sélectionnées). Ces informations sont habituellement résumées à l'aide d'un diagramme PRISMA[21] (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*, Liberati et al., 2009). Contrairement à l'examen systématique, dans lequel les auteurs décrivent les caractéristiques et les résultats des études de façon structurée, la méta-analyse comporte une analyse statistique, permettant de combiner tous les résultats des études en un seul résultat numérique. Deux étapes de l'analyse peuvent être distinguées. Dans un premier temps, il est nécessaire d'estimer la taille d'effet pour chaque étude incluse[22]. La méthode d'analyse différera selon le type de variable étudié. Par exemple, si la variable est quantitative (e.g., moyennes, médianes), on pourra calculer des différences de moyennes standardisées (e.g., g de Hedges). En revanche, lors de la présence de variables binaires, on pourra estimer l'association entre deux variables avec d'autres statistiques (e.g., odds ratio ; Maison, 2010). Dans un deuxième temps, la taille de l'effet globale peut être estimée en utilisant différentes méthodes qui peuvent être soit fixes, soit aléatoires (Erez et al., 1996). Les **modèles fixes** sont utilisés lorsque les études sont semblables en ce qui concerne l'effet de l'intervention. Les **modèles aléatoires**, quant à eux, sont utilisés lorsqu'on fait l'hypothèse que l'effet de l'intervention est variable d'une étude à l'autre. Lorsque plusieurs tailles d'effet sont présentes

[21]Un modèle modifiable de ce diagramme peut être retrouvé à l'adresse suivante : http://prisma-statement.org/PRISMAStatement/FlowDiagram.aspx

[22] Dans certains cas, les études peuvent rapporter un large éventail de statistiques permettant d'estimer une taille d'effet (e.g., moyenne et écart-type, médiane et quartiles, valeur F issue d'une ANOVA). Pour estimer une taille d'effet à partir de différentes statistiques, un outil de calcul automatique, désigné « metaConvert », a été récemment développé par Gosling et al. (2023) et peut être retrouvé sur le lien suivant : https://metaconvert.org/

dans chaque étude (e.g., plusieurs mesures d'empathie différentes), l'analyse peut être plus complexe car elle nécessite une utilisation d'approches qui tiennent compte de la non-indépendance entre les tailles d'effet au sein d'une même étude.

Un aspect essentiel à rapporter dans une méta-analyse est l'évaluation de **l'hétérogénéité**, qui fait référence à la variabilité entre les résultats des différentes études (Maison, 2010). On peut obtenir une idée de cette hétérogénéité en examinant si les intervalles de confiance associés à chaque taille d'effet se chevauchent dans le graphique en forêt (en anglais, « forest plot »)[23]. Cependant, il existe également des méthodes statistiques permettant d'évaluer l'hétérogénéité à l'aide d'indicateurs. Par exemple, le I^2 est un indicateur de la proportion d'hétérogénéité. Traditionnellement, les valeurs égales à 25 %, 50 % et 75 % sont considérées comment représentant une hétérogénéité faible, modérée et élevée (Higgins et al., 2003).

2.4.4. Biais dans les méta-analyses

Il existe deux types de biais à prendre en compte lors de la réalisation d'une méta-analyse. Le premier concerne les biais relatifs à chacune des études incluses. Par exemple, comment a été réalisé le recrutement ? Est-ce que le diagnostic de TDAH a été réalisé conformément aux classifications internationales ? Est-ce que des variables telles que l'âge ont été contrôlées ? Pour vérifier la présence de ces biais, il est recommandé d'évaluer la **qualité méthodologique** de chaque étude (i.e., risque de biais). Plusieurs outils existent et doivent être choisis en fonction du type d'étude incluse. Par exemple, lorsque l'on inclut des études cas-témoin, il convient d'utiliser l'échelle *Newcastle Ottawa Scale—case control studies*[24] (Wells et al., 2000), qui présente également une version pour des études de cohorte. Des analyses de sensibilité peuvent être réalisées en enlevant les études considérées comme ayant une faible qualité méthodologique, afin de voir si le résultat de la méta-analyse change.

Le deuxième type de biais se manifeste lors de la combinaison des résultats des différentes études. Le **biais de publication** (Easterbrook et al., 1991) est notamment très important. Il désigne la tendance à publier plus souvent, plus rapidement et plus facilement les essais avec des résultats « positifs » (i.e., statistiquement significatifs), en particulier dans des revues à

[23] Le « forest plot » est une représentation graphique utilisée dans les méta-analyses qui permet de comparer les résultats issus des différentes études incluses. Ce graphique contient différentes données pour chacune des études et/ou des résultats au sein d'une étude, telles que les tailles d'effet et les intervalles de confiance.

[24] L'échelle peut être consultée sur ce lien : https://www.ohri.ca/programs/clinical_epidemiology/oxford.asp

facteur d'impact élevé et/ou de langue anglaise. Puisque les études avec des résultats positifs sont plus susceptibles d'être incluses dans la méta-analyse, cette dernière peut être biaisée. Pour éviter ce biais, même si cela ne réglera pas totalement le problème, il est recommandé d'inclure aussi bien des études publiées que des études non publiées (e.g., résultats présentés dans des conférences, thèses) ainsi que d'inclure des articles écrits dans d'autres langues que l'anglais. La présence d'un biais de publication peut être évaluée à l'aide de méthodes graphiques ou statistiques, permettant en général de mesurer l'effet des études de petite taille (en anglais, « Small study effects »). Cet effet désigne le phénomène selon lequel les études avec des échantillons plus petits tendent à reporter des tailles d'effet souvent plus importantes que les études ayant des échantillons plus grands. Les outils les plus utilisés sont le graphique en entonnoir[25] (en anglais, « funnel plot ») ou le test d'Egger[26] (Egger et al., 1997). Enfin, des analyses de sensibilité peuvent être également effectuées, qui consistent notamment à enlever les études très positives ou très négatives afin de voir si le résultat de la méta-analyse change.

En résumé, la méta-analyse permet de synthétiser la littérature, en combinant les résultats de plusieurs études en un seul résultat numérique. Pour mener à bien une méta-analyse, il est impératif de suivre un protocole précis et rigoureux afin de prévenir les biais et d'assurer la reproductibilité de l'étude (cf. Figure 13). Dans le cadre de cette thèse, notre objectif est d'utiliser cet outil pour dresser un état des lieux des difficultés de cognition sociale et des compétences sociales au quotidien des enfants atteints d'un TDAH. Il convient de souligner qu'il existe d'autres composantes de la cognition sociale qui ont été moins étudiées que la théorie de l'esprit, la reconnaissance des émotions et l'empathie chez les enfants atteints d'un TDAH. Ces composantes pourraient également être altérées chez certains de ces enfants et pourraient contribuer aux difficultés relationnelles qu'ils rencontrent au quotidien. Dans le chapitre suivant, nous nous intéresserons plus particulièrement à une aptitude fondamentale de la cognition sociale : l'attention visuelle conjointe.

[25] Le graphique en entonnoir ou « funnel plot » contient, pour chaque étude, en ordonnée, la taille de l'étude et, en abscisse, la taille de l'effet. En l'absence de biais, les estimations de la taille de l'effet des petites études devraient être dispersées (plus éloignés de 0), alors que les tailles de l'effet des grandes études devraient être plus précises et donc moins dispersées (plus proches de 0). S'il y a un biais, par exemple parce que moins d'études plus petites sans effets statistiquement significatifs ont été publiées, cela pourra conduire à une représentation asymétrique de l'entonnoir avec une absence de points dans un coin inférieur du graphique. Dans cette situation, l'effet de l'intervention sera surestimé. Plus l'asymétrie est prononcée, plus le biais risque d'être important.

[26] Le test d'Egger permet de réaliser une régression linéaire pour évaluer la relation entre la taille de l'effet et l'erreur standard. Un résultat significatif indique que les résultats pourraient présenter un biais de publication.

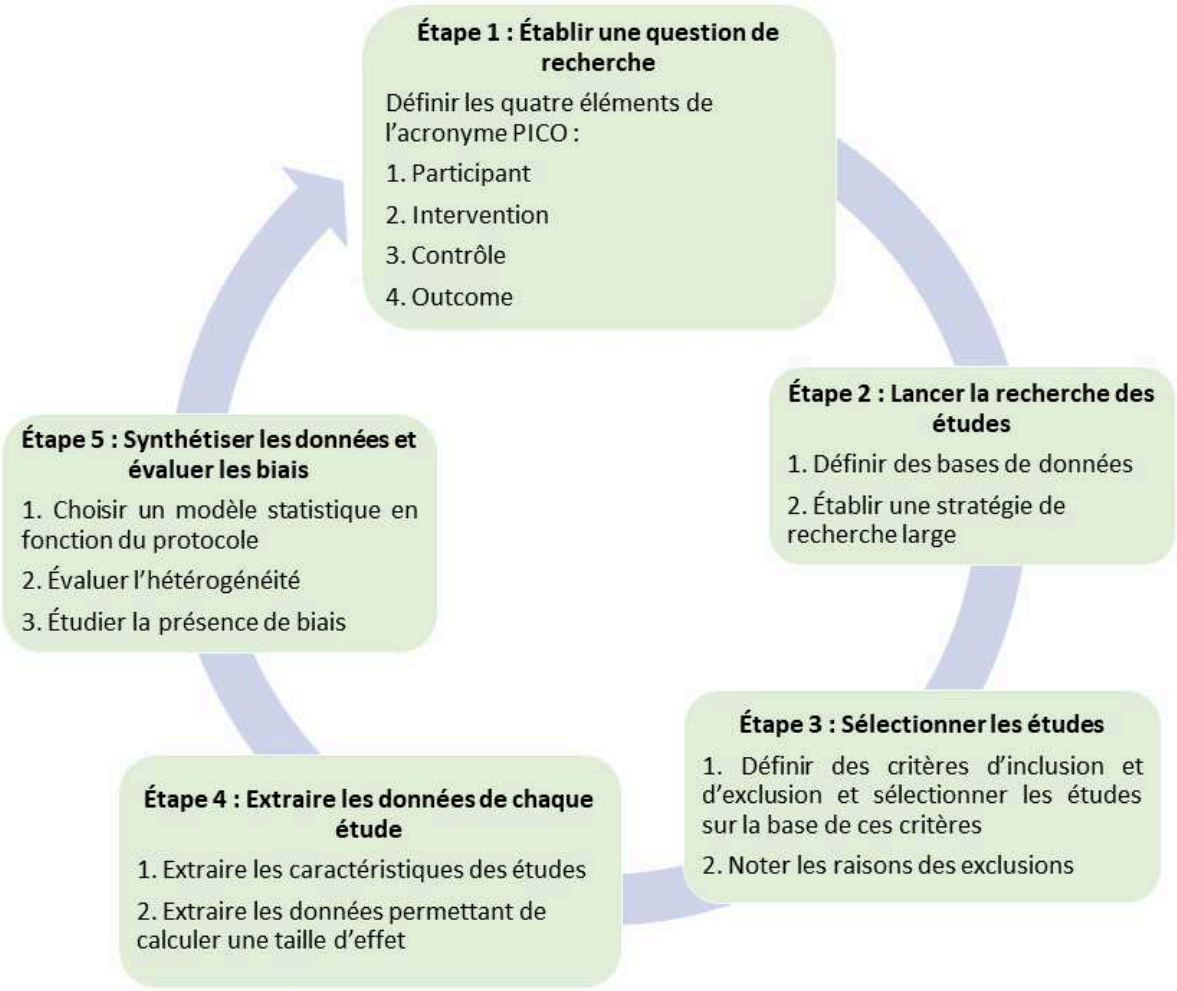

Figure 13 : Représentation schématique des grandes étapes dans la réalisation d'une méta-analyse. La différence entre une méta-analyse et une revue systématique est relative à la 5ème étape. Dans la méta-analyse, des analyses statistiques sont réalisées afin de combiner les résultats des différentes études en un seul résultat numérique. Dans la revue systématique, l'analyse est narrative, c'est-à-dire que les auteurs réalisent une description structurée des caractéristiques et des résultats des études ainsi que de leurs implications.

Synthèse du Chapitre 2

La cognition sociale dans le TDAH : quels domaines atteints ?

Les enfants atteints d'un TDAH rencontrent des difficultés sociales qui peuvent être à l'origine de dysfonctionnements importants à long terme. De nombreux facteurs peuvent contribuer à ces difficultés, telles que l'incapacité à traiter, comprendre et répondre aux informations sociales. La cognition sociale est un domaine complexe qui comprend plusieurs fonctions cognitives, permettant de traiter l'information sociale et d'interagir avec les autres personnes. Parmi ces fonctions, nous retrouvons la théorie de l'esprit, l'empathie et la reconnaissance des émotions. Alors que des études ont montré des difficultés dans ces domaines chez les enfants souffrant de TDAH, d'autres ne reportent pas de telles difficultés. Plusieurs raisons peuvent expliquer cette disparité des résultats telles que l'utilisation de mesures de cognition sociale différentes (e.g., questionnaires vs. tâches), l'absence de contrôle de certaines variables (e.g., âge, QI, sexe) ainsi que les biais méthodologiques des études. Ainsi, le premier objectif de cette thèse est de réaliser une revue systématique et une méta-analyse afin de faire un état des lieux des difficultés sociales des enfants atteints d'un TDAH. Elle comporte trois objectifs : (1) explorer les spécificités des enfants et des adolescents TDAH dans différents domaines de la cognition sociale (i.e., théorie de l'esprit, empathie, reconnaissance des émotions faciales et non faciales) et dans les compétences sociales quotidiennes ; (2) prendre en compte l'ajustement des variables (e.g., l'âge, le sexe, le QI) ; (3) évaluer la qualité méthodologique des études incluses et son impact sur la taille des effets.

Chapitre 3 - Évaluer le suivi des indices sociaux dans le TDAH : quel intérêt ?

Ce chapitre vise à montrer l'intérêt de développer, pour les enfants atteints d'un TDAH, un outil permettant d'évaluer une aptitude basique de la cognition sociale : l'attention visuelle conjointe. Pour cela, la première partie de ce chapitre sera consacrée à définir l'attention conjointe et ses modèles théoriques. Ensuite, les études expérimentales évaluant cette aptitude dans le développement typique seront présentées. Enfin, nous montrerons l'intérêt d'évaluer cette aptitude dans le TDAH. Les aspects méthodologiques liés au développement et à la validation d'un test neuropsychologique seront également abordés.

1. L'attention visuelle conjointe

1.1. Définitions et modèles théoriques

L'attention conjointe est un concept qui a été développé par Scaife & Bruner (1975) pour désigner l'activité qui consiste à partager un intérêt commun lors de la communication préverbale. Elle représente l'habileté à coordonner l'attention avec une autre personne pour adopter un même point de référence et communiquer (Mundy, 2018, 2016). Plus concrètement, pour parler d'attention conjointe, une personne doit regarder et/ou pointer du doigt vers un objet tandis qu'une autre personne doit suivre ce regard et/ou ce pointage du doigt en dirigeant sa propre attention vers cet objet. Ces deux personnes pourront donc s'intéresser à l'objet et partager ensemble des informations (Aubineau et al., 2015).

Dans ses premiers écrits, le sociologue Erving Goffman (1961) avait défini la rencontre sociale en termes attentionnels, comme suit : « quand des individus s'accordent pour soutenir pour un temps un foyer commun d'attention cognitive et visuelle » (attention conjointe ; p. 7) ; « quand un foyer visuel et attentionnel commun, une disponibilité mutuelle à la communication verbale, […] un contact visuel […] maximisent la possibilité pour chaque participant de percevoir le contrôle de l'attention provenant de l'autre » (attention mutuelle ; p 17-18). L'auteur identifiait ainsi les capacités d'attention mutuelle et d'attention conjointe comme des facteurs essentiels d'une interaction sociale coordonnée. Les psychologues qui observent le comportement des

nourrissons dans une version minimaliste des aptitudes sociales se sont focalisés un temps sur l'émergence de ces deux mécanismes. Leurs travaux suggèrent que le premier indice utilisé par le nourrisson pour apprendre à coordonner son attention avec celle d'un congénère est la direction du regard de ce dernier. Cette capacité se développerait au cours de la première année et demi de vie, en quatre étapes majeures : (1) **Développement de l'attention mutuelle** : regarder autrui pour maintenir une expérience partagée (mise en place vers l'âge de 2 mois) ; (2) **Phase 1 du développement de l'attention conjointe** : suivre le regard de l'autre, sans pour autant se focaliser sur l'objet regardé (vers 6 mois) ; (3) **Phase 2 du développement de l'attention conjointe** : suivre le foyer d'attention de l'autre et sa focalisation (vers 12 mois) ; (4) **Développement de l'attention contrôlée** : contrôler la direction du regard de l'autre au moyen de son propre regard en l'orientant vers une cible (vers 18 mois ; Butterworth, 1991 ; Conein, 1998 ; cf. Figure 14, pour une classification des différents types d'attention sociale selon Emery, 2000).

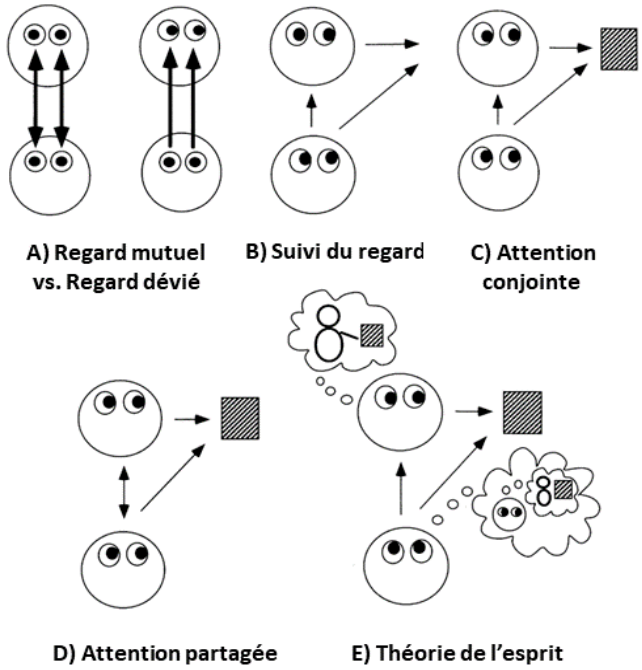

Figure 14 : Classification des différents types d'attention sociale (reproduit de Emery 2000).

Une étape cruciale dans l'établissement de l'attention conjointe est donc la capacité à suivre le regard d'une autre personne (Scaife & Bruner, 1975). Il existe néanmoins une absence de consensus dans la relation qu'entretiennent le suivi du regard et l'attention conjointe. C'est notamment ce que soulignent Bertenthal et al. (2014) dans leurs travaux. Ils argumentent que, pour certains auteurs, le suivi du regard est nécessaire et suffisant pour pouvoir parler

d'attention conjointe, tandis que d'autres soulignent qu'il n'est pas suffisant. Les auteurs qui suggèrent cette insuffisance soutiennent qu'il est tout d'abord nécessaire de comprendre l'intention sous-jacente à l'orientation de l'attention de la tête, du regard ou du pointage pour que le suivi du regard aboutisse à de l'attention conjointe. À cet égard, les modèles développementaux suggèrent que le comportement de suivi du regard émerge le premier, sous forme de réflexe, sans compréhension de l'état mental de l'autre dans un premier temps. Un tel réflexe pourrait se mettre en place grâce à la capture attentionnelle que le regard direct (i.e., un visage qui établit un contact par le regard) semble exercer dès la naissance chez l'humain (e.g., Farroni et al., 2002) et qui inciterait ensuite (une fois le système visuel suffisamment mature) à suivre le regard de l'autre vers l'espace environnant (George & Conty, 2008).

En outre, plusieurs auteurs proposent de diviser l'attention conjointe en deux types de comportements : l'initiation et la réponse. **L'initiation de l'attention conjointe** représente la capacité à diriger l'attention d'une autre personne pour partager une expérience sur un objet ou un évènement. **La réponse de l'attention conjointe** désigne, quant à elle, la capacité à suivre la direction de l'attention de l'autre (Mundy, 2018 ; Mundy et al., 2009). Ces deux capacités ont en commun d'établir une communication non-verbale qui implique de l'intérêt pour un objet, un événement ou une personne. Cependant, la réponse de l'attention conjointe implique un traitement de l'information sociale et l'initiation de l'attention conjointe concerne la mise en place volontaire d'un comportement envers un but précis (Mundy et al., 2009). La réponse de l'attention conjointe correspondrait à ce que l'on trouve couramment dans la littérature désignée sous les termes de « suivi du regard » (Mundy, 2018, p. 2), voire même de « suivi des indices sociaux ». En effet, l'attention conjointe ne se réduit pas au suivi du regard, mais comprend également la réponse à d'autres indices sociaux comme le pointage ou la posture du corps. Il convient de noter que la capacité à suivre des indices sociaux, en particulier le regard, a été davantage examinée dans la littérature que l'initiation de l'attention conjointe.

En 1994, Baron-Cohen a proposé un modèle développemental dans lequel le processus de l'attention conjointe est premier et nécessaire à celui de la théorie de l'esprit (cf. Figure 15). Dans son modèle, Baron-Cohen postule que la théorie de l'esprit se développe grâce à l'émergence de plusieurs modules de traitement qui entreraient en jeu lors de la perception d'un individu dans une situation sociale. Le premier module est **le détecteur de la direction des yeux** (en anglais, « Eye Direction Detector », EDD), qui permet d'identifier la présence des yeux d'une autre personne, de détecter la direction du regard ainsi que de comprendre qu'une

personne est en train de regarder un objet parce qu'elle a les yeux dirigés vers ce dernier. Le second module, quant à lui, est **le détecteur d'intentionnalité** (en anglais, « Intentionality Detector », ID), qui permet d'identifier et d'interpréter les stimuli en mouvement d'une autre personne en termes d'états mentaux (i.e., buts, désirs). Grâce à ces deux modules, émergeant vers l'âge de 9 mois, le bébé pourra construire des représentations rudimentaires sur les désirs et objectifs d'autrui. Ces modules se limiteraient à des représentations dyadiques, c'est-à-dire des représentations qui déterminent la relation intentionnelle entre une personne observée et un objet, ou encore entre une personne observée et une deuxième personne. Le fonctionnement de ces deux modules permet, entre 9 et 18 mois, l'émergence d'un troisième module qui serait en lien avec l'attention conjointe : **le mécanisme d'attention partagée** (en anglais, « Shared Attention Mechanisms », SAM). Grâce à l'émergence de ce module, le bébé comprend qu'une autre personne a le même focus attentionnel que lui, ce qui lui permet ainsi de construire des représentations sur des relations triadiques entre une personne observée, un objet et lui-même (« Pierre voit que je vois le jouet »). Entre 18 et 49 mois, le mécanisme d'attention partagée permet le développement d'un dernier **module spécialisé dans la théorie de l'esprit** (en anglais, « Theory of Mind Mechanisms », ToMM). D'après Baron-Cohen et son modèle, un déficit du traitement du regard entrainerait une difficulté en théorie de l'esprit, ce qui provoquerait un dysfonctionnement sociocognitif significatif chez l'enfant, comme c'est le cas dans le TSA.

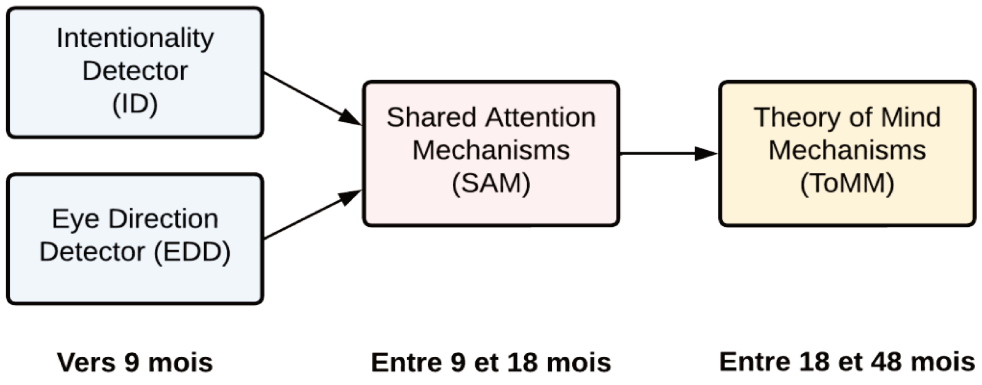

Figure 15 : Représentation schématique du modèle de Baron-Cohen (1994).

Par la suite, Tomasello et al. (2005) suggèrent un rôle plus spécifique de l'attention conjointe dans le développement de la cognition sociale. Dans leur modèle (cf. Figure 16), les auteurs décrivent le développement de l'attention conjointe et de la compréhension des intentions d'autrui en trois étapes. La première est « **la compréhension de l'action animée** » qui se

développerait vers 6 mois. Celle-ci correspond à l'attente que l'adulte interagisse avec le même objet sur une courte période de façon constante. L'enfant va donc suivre le regard de l'adulte vers cet objet car il comprend que les personnes sont des êtres animés qui produisent spontanément des comportements. La relation est ici **dyadique**, ce qui permet à l'enfant d'interagir directement avec l'adulte par le biais du partage des émotions et des comportements. Cependant, l'enfant n'est pas encore capable d'accéder aux actions intentionnelles internes de l'adulte. La deuxième étape, désignée « **la compréhension des objectifs à atteindre** », émerge entre 9 et 12 mois. L'enfant est capable de comprendre des actions simples orientées vers un but. En effet, il comprend que l'adulte a des objectifs qu'il essaie d'atteindre et que, lorsqu'il ne réussit pas à les atteindre, il va persister jusqu'à la réussite. En revanche, s'il réussit, il va arrêter d'essayer d'atteindre le but. L'enfant est ainsi capable de comprendre que l'adulte peut réguler ses comportements en fonction de sa réussite ou sa défaite. L'enfant va donc s'engager dans des activités qui reposent sur une relation **triadique**, c'est-à-dire entre l'enfant, l'adulte et une entité (i.e., un objet ou une autre personne). Par exemple, il va pouvoir prendre un objet ou construire une tour de cubes avec un adulte, grâce à la coordination de son regard avec l'adulte vers l'objet ou le cube. Tomasello et ses collègues suggèrent que cela implique une *perception conjointe*, et non pas une *attention conjointe* car les capacités cognitives nécessaires pour comprendre les actions intentionnelles d'autrui ne sont pas encore acquises à ce stade, mais seulement entre 12 et 15 mois, au cours de la troisième étape. Dans cette dernière, nommée « **compréhension des choix des plans** », les enfants comprennent que, lorsqu'un adulte souhaite atteindre un objectif, il va pouvoir envisager différents plans d'action et en choisir un qu'il mettra en œuvre intentionnellement sur la base d'un raisonnement en lien avec la réalité. L'enfant sera ainsi plongé dans des activités qui reposent sur un engagement **collaboratif**. En effet, il pourra interagir avec l'adulte pour atteindre un objectif commun, mais en ayant un plan d'action coordonné, élaboré en réponse à une intention commune, ainsi qu'en ayant une connaissance mutuelle. Par exemple, si l'enfant et l'adulte construisent une tour de cubes, l'enfant sera en mesure d'inverser les rôles et de venir aider l'adulte si nécessaire.

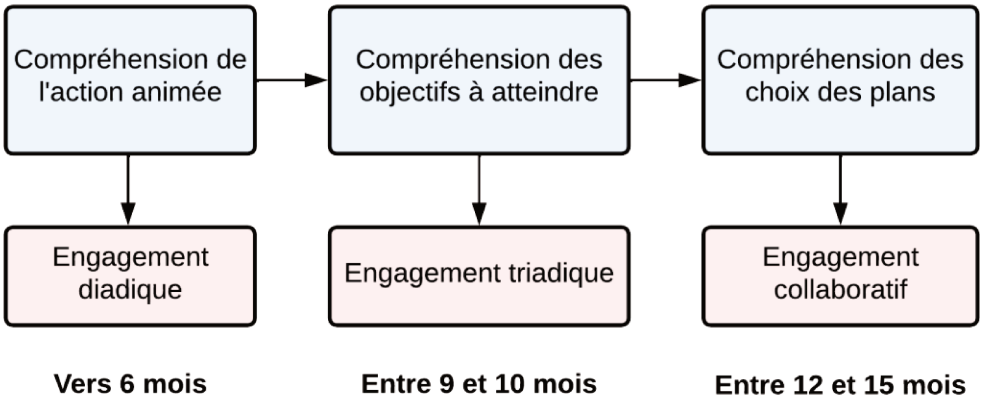

Figure 16 : Représentation schématique du modèle de Tomasello et al. (2005).

Contrairement aux modèles préalablement présentés, Mundy et al. (2009) proposent un modèle dans lequel l'attention conjointe ne serait pas remplacée par de nouvelles étapes de développement des capacités sociocognitives. Elle serait plutôt considérée comme une étape durable d'un phénomène plus continu de développement sociocognitif, qui permettrait de prédire l'émergence de ces facultés cognitives. Dans leur modèle, les auteurs définissent l'attention conjointe comme un système de traitement de l'information qui commence à se développer vers l'âge de 4 à 6 mois et qui soutient la cognition à l'âge adulte. Ce système traiterait non seulement les informations provenant de l'attention des autres personnes, mais également les informations provenant de sa propre attention. Le traitement des informations internes et externes est réalisé en parallèle et nécessiterait l'activation d'un réseau d'attention cortical antérieur et postérieur (Mundy, 2003 ; Mundy et al., 2000 ; Mundy & Newell, 2007). Ainsi, au fur et à mesure des apprentissages du bébé, ce processus conjoint devient automatiquement une fonction exécutive, fondamentale pour l'apprentissage, le développement de la pensée symbolique, la cognition sociale et la compétence sociale.

Ainsi, les modèles théoriques de l'attention conjointe ont en commun de souligner son rôle primordial pour le développement des compétences sociocognitives. D'autre modèles, comme celui de Mundy et al. (2009), mettent également en avant l'importance de cette capacité dans le processus d'apprentissage. Ces arguments ont été confirmés par la recherche empirique, notamment à travers des études longitudinales chez les bébés. Ces dernières ont montré que l'attention conjointe permettait de prédire les compétences langagières (Brooks & Meltzoff, 2005, 2008) et en théorie de l'esprit ultérieures (Brooks & Meltzoff, 2015 ; Charman et al., 2000 ; Colonnesi et al., 2008 ; Nelson et al., 2008).

1.2. Bases cérébrales de l'attention conjointe

Selon Mundy et ses collaborateurs (Mundy, 2003 ; Mundy et al., 2000 ; Mundy & Newell, 2007), l'attention conjointe met en jeu deux systèmes issus du modèle de Posner et ses collaborateurs (Posner & Rothbart, 2007 ; Posner & Petersen, 1990 ; cf. Figure 17). Le premier est **le système postérieur**, qui est associé à la réponse à l'attention conjointe et commence à se développer dès les premiers mois de vie. Il met en jeu le cortex pariétal et le cortex temporal supérieur, qui permettent le contrôle de comportements involontaires, tels que l'imitation, la perception des yeux, de l'orientation de la tête ou de l'environnement. Le deuxième est **le système antérieur**, qui se développerait plus tardivement et jouerait un rôle primordial dans l'initiation de l'attention conjointe. Il serait donc mis en jeu lors de l'allocation de ressources attentionnelles volontaires et orientées vers un but précis. Ce système est contrôlé par un ensemble de régions cérébrales qui comprend les aires frontales dorsales associées au contrôle intentionnel des yeux, le cortex préfrontal associatif, le cortex frontal orbital et le cortex cingulaire antérieur (Mundy & Newell, 2007). Grâce à l'intégration de ces deux systèmes, l'humain peut mettre en œuvre une attention visuelle conjointe, ce qui a été confirmé par des études d'électroencéphalographie et d'imagerie cérébrale (e.g., Mundy et al., 2000). De nombreuses régions cérébrales impliquées dans ces deux systèmes seraient également sollicitées dans d'autres processus sociocognitifs, ce qui permettrait de rendre compte de l'importance de l'attention conjointe dans le développement des aptitudes sociales.

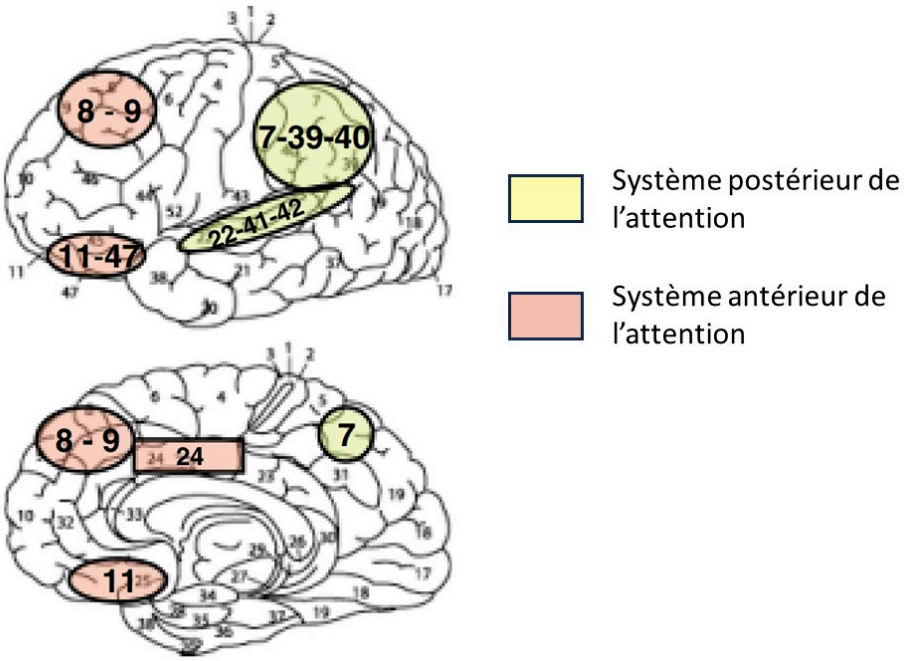

Figure 17 : Régions cérébrales associées à l'attention conjointe (reproduit de Mundy & Newell, 2007). Le système d'attention postérieur, associé à la réponse à l'attention conjointe, comprend les aires 7 (aire d'association pariétale postérieure), 22, 41 et 42 (cortex temporal supérieur), et 39 et 40 (cortex d'association pariétal, temporal et occipital). Le système d'attention antérieur, associé à l'initiation de l'attention conjointe, est constitué des aires de Brodmann 8 (champs oculaires frontaux), 9 (cortex d'association préfrontal), 24 (cingulaire antérieur dorsal), 11 et 47 (cortex d'association préfrontal orbital).

En ce qui concerne plus spécifiquement la réponse à l'attention conjointe, les travaux en neuroimagerie ont permis de montrer l'implication du sulcus temporal supérieur (STS) dans le traitement du regard d'autrui aussi bien chez l'adulte (Hoffman & Haxby, 2000 ; Hooker et al., 2003 ; Sato et al., 2008) que chez l'enfant (Mosconi et al., 2005 ; Vaidya et al., 2011). En particulier, Hoffman & Haxby (2000) ont montré une activation plus importante du STS postérieur gauche et du sulcus intrapariétal bilatéral lors de la présence d'un visage avec un regard dévié que lors de la présence d'un visage avec un regard direct. De plus, des études chez le macaque montrent la sensibilité à la direction du regard de certains neurones présents dans le STS. Cependant, ces neurones ne seraient pas uniquement sensibles à la direction du regard et seraient également activés, par exemple, lors de l'observation d'une personne dirigeant la tête ou la posture du corps vers un endroit précis (Jellema & Perrett, 2005 ; Perrett et al., 1992). De même que pour le macaque, des études en neuroimagerie chez l'humain ont montré une activation de la région du STS lors de l'observation de la posture du corps ou des mouvements ou gestes de la main (Allison et al., 2000 ; Grèzes et al., 1999 ; Thompson et al., 2007). Dans

l'ensemble, ces résultats suggèrent l'importance du STS dans le traitement de la direction de l'attention d'autrui. Il est toutefois essentiel de souligner que des études ont mis en évidence une activation du STS également dans des tâches évaluant des composantes de la cognition sociale comme la théorie de l'esprit (e.g., Adams et al., 2010 ; Gunther Moor et al., 2012) ou l'empathie (e.g., Dziobek et al., 2011 ; Zaki et al., 2009). Ainsi, l'ensemble de ces résultats souligne le rôle essentiel du STS pour différentes aptitudes sociocognitives (e.g., le suivi des indices sociaux, la théorie de l'esprit et l'empathie).

2. Étudier le suivi des indices sociaux

2.1. Le paradigme de Posner (1980)

Le suivi des indices sociaux représente la capacité à orienter l'attention en réponse à un regard et/ou un pointage du doigt (Frischen et al., 2007). Compte tenu de l'importance de cette capacité dans la cognition sociale, de nombreux chercheurs se sont demandé si les personnes orientent spontanément l'attention en réponse à différents indices. Dans le domaine des sciences comportementales, cette capacité est étudiée aussi bien à l'aide de l'analyse des mouvements oculaires que de l'analyse des temps de réaction, en utilisant une adaptation du paradigme de Posner (1980). Classiquement, ce paradigme permet d'évaluer l'orientation attentionnelle en réponse à des indices non sociaux, correspondant à la deuxième composante du modèle de Posner & Petersen (1990 ; cf. Chapitre 1, section 3.1. Mécanismes cognitifs). Le paradigme de Posner est composé de plusieurs essais où chacun est initié par un point de fixation central que le participant doit regarder. Ensuite, une cible apparaît à droite ou à gauche du point de fixation et le participant doit appuyer sur un bouton dès son apparition. Dans certaines études, le participant doit indiquer simplement que la cible est apparue, et dans d'autres, il doit indiquer le côté d'apparition de la cible en appuyant, par exemple, sur un bouton qui se trouve à droite ou à gauche. L'apparition de la cible peut être précédée d'un indice visuel différent en fonction du type d'attention que l'on souhaite évaluer. Deux formes d'orientation attentionnelle doivent être distinguées (Corbetta & Shulman, 2002 ; cf. Figure 18) : l'orientation spatiale exogène (ou « bottom-up ») et endogène (ou « top-down »).

L'orientation exogène est involontaire, automatique et réflexive. Cette forme d'orientation se manifeste en particulier lorsque l'attention est captée par un élément visuel sans l'avoir recherché volontairement (e.g., des événements visuels inattendus qui captent notre attention,

tels qu'un animal qui traverse la route lorsqu'on est en train de conduire). En effet, l'élément visuel guide l'attention indépendamment de la volonté de l'individu. Ce type d'orientation est habituellement évalué en présentant, dans le paradigme de Posner, des indices périphériques avant l'apparition de la cible. Typiquement, deux cases vides sont disposées et un changement de luminosité apparaît dans le contour de l'une des deux cases. Par la suite, une cible apparaît aléatoirement soit dans la case amorcée par le changement de luminosité (i.e., condition congruente ou valide), soit dans l'autre case (i.e., condition incongruente ou invalide). Ce changement de luminosité conduit à un déplacement automatique de l'attention en améliorant le traitement de l'endroit correspondant, ce qui se manifeste par des temps de réaction plus rapides dans la condition valide que dans la condition invalide.

L'orientation endogène est un processus volontaire et contrôlé qui implique la recherche délibérée d'un stimulus dans un environnement spécifique (e.g., rechercher une ville dans une carte). Elle peut être évaluée grâce à la présentation d'indices centraux dans le paradigme de Posner. Généralement, les auteurs utilisent une flèche pointant vers la direction dans laquelle la cible apparaît (i.e., condition congruente ou valide) ou vers la direction opposée à celle-ci (i.e., condition incongruente ou invalide). Dans certaines études, les auteurs utilisent une condition neutre dans laquelle, soit aucune direction n'est indiquée, soit les deux directions le sont. Typiquement, les participants sont plus rapides pour détecter la cible dans la condition valide que dans la condition invalide ou neutre. De nombreux auteurs évoquent l'idée que les indices centraux exigent une interprétation, contrairement aux indices périphériques, qui indiquent directement un emplacement et provoquent donc une orientation réflexive de l'attention. Néanmoins, au cours des dernières années, l'idée selon laquelle les indices périphériques déclenchent une orientation automatique de l'attention, alors que les indices centraux conduisent à une orientation contrôlée a été remise en question. En effet, certaines études (e.g., Eimer, 1997 ; Tipples, 2002) ont montré que les indices centraux (e.g., flèches) peuvent conduire à un déplacement attentionnel automatique, présent même lorsque ces indices n'indiquent pas l'endroit où la cible se trouve.

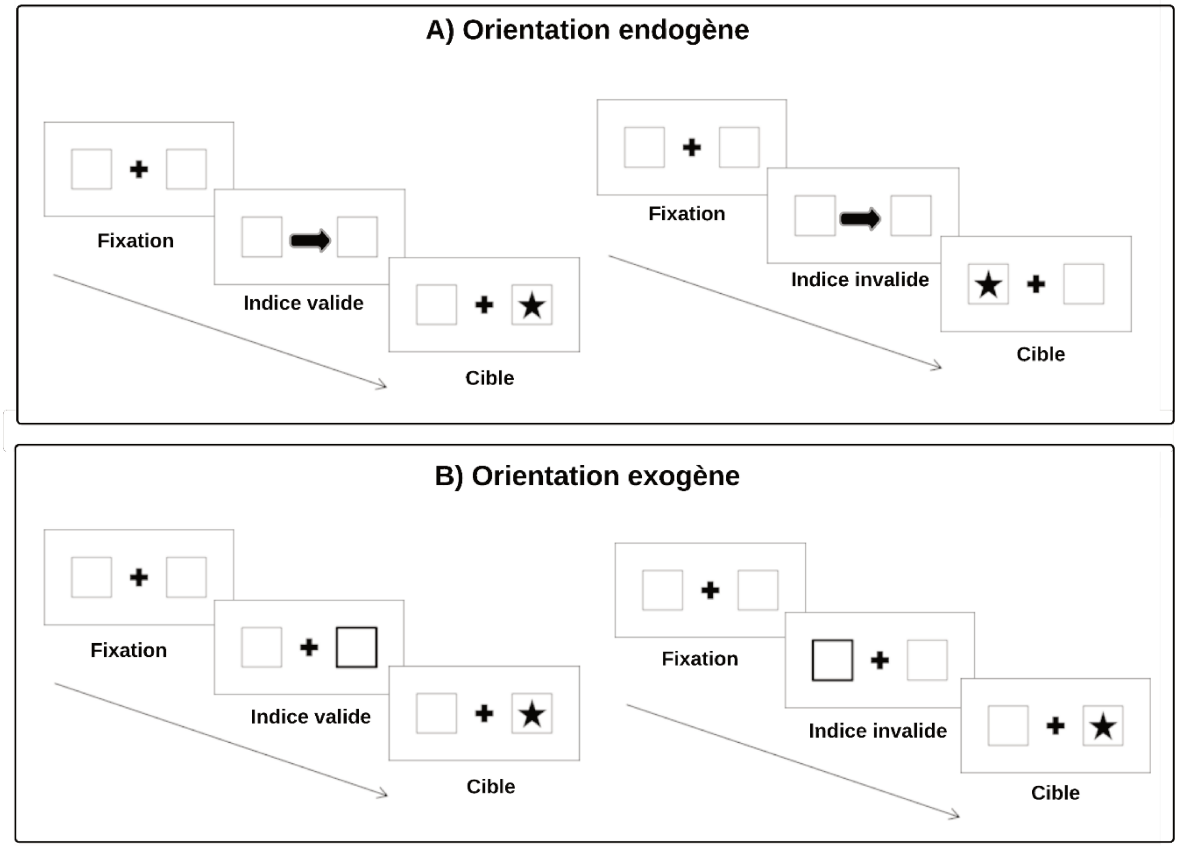

Figure 18 : Exemples d'essais utilisés dans le paradigme de Posner (1980). **A) Orientation endogène.** L'indice utilisé est une flèche indiquant le côté d'apparition de la cible (i.e., condition valide) ou le côté opposé à celle-ci (i.e., condition invalide). **B) Orientation exogène.** L'indice correspond à l'apparition d'une luminosité autour de la case dans laquelle la cible apparaît (i.e., condition valide) ou dans la case opposée (i.e., condition invalide).

2.2. Le suivi du regard

2.2.1. Études chez l'adulte

Plus récemment, les chercheurs ont commencé à évaluer l'orientation de l'attention avec des indices plus naturels et sociaux, tels que le regard, ce qui a permis de mieux comprendre les processus impliqués dans l'attention conjointe. Cette capacité est souvent étudiée en utilisant une adaptation du paradigme de Posner (1980), dans laquelle un regard indiquant la droite ou la gauche apparaît généralement au centre de l'écran (cf. Figure 19). Comme lors de l'utilisation de flèches, le regard est orienté vers le côté dans lequel la cible apparaît (i.e., condition congruente ou valide) ou vers le côté opposé (i.e., condition incongruente ou invalide). Dans certaines études, les essais congruents sont comparés à des essais neutres, dans lesquels l'indice

n'indique pas la droite ou la gauche (e.g., des yeux qui regardent devant ou qui sont fermés). En fonction des études, les stimuli peuvent être un visage photographié (Bayliss et al., 2006 ; Driver et al., 1999 ; Sato et al., 2007, 2016 ; Ulloa et al., 2015) ou schématique (Galfano et al., 2012 ; Hayward & Ristic, 2017 ; Hietanen et al., 2006 ; Ristic et al., 2002 ; Tipples, 2008). De manière moins fréquente, certaines études ne présentent que des yeux (Gregory & Hodgson, 2012 ; Hermens et al., 2017). Typiquement, les participants sont plus rapides pour détecter la cible lors de la condition congruente que lors de la condition incongruente ou neutre. Cette tendance à orienter l'attention vers l'endroit indiqué par le regard est communément appelée dans la littérature « effet d'indiçage par le regard » (en anglais, « gaze cuing effect » ; Frischen et al., 2007). Cet effet est très robuste, puisqu'il a été reproduit de nombreuses fois dans la littérature. Bien que l'ampleur de cet effet puisse varier en fonction des différences méthodologiques entre les études (e.g., matériel utilisé, condition congruente ou neutre), certains auteurs ont estimé que l'effet pouvait se situer entre 10 et 50 millisecondes chez l'adulte (Narison et al., 2020 ; Neath et al., 2013 ; Ulloa et al., 2015). Cet effet apparaît en particulier lorsque le temps entre l'apparition de l'indice et l'apparition de la cible (i.e., délai désigné dans la littérature sous le terme « stimulus onset asynchrony » ou SOA) est compris entre 100 et 700 millisecondes (ms). Ce délai est similaire à celui observé dans les études utilisant une flèche (cf. Frischen et al., 2007, pour une revue).

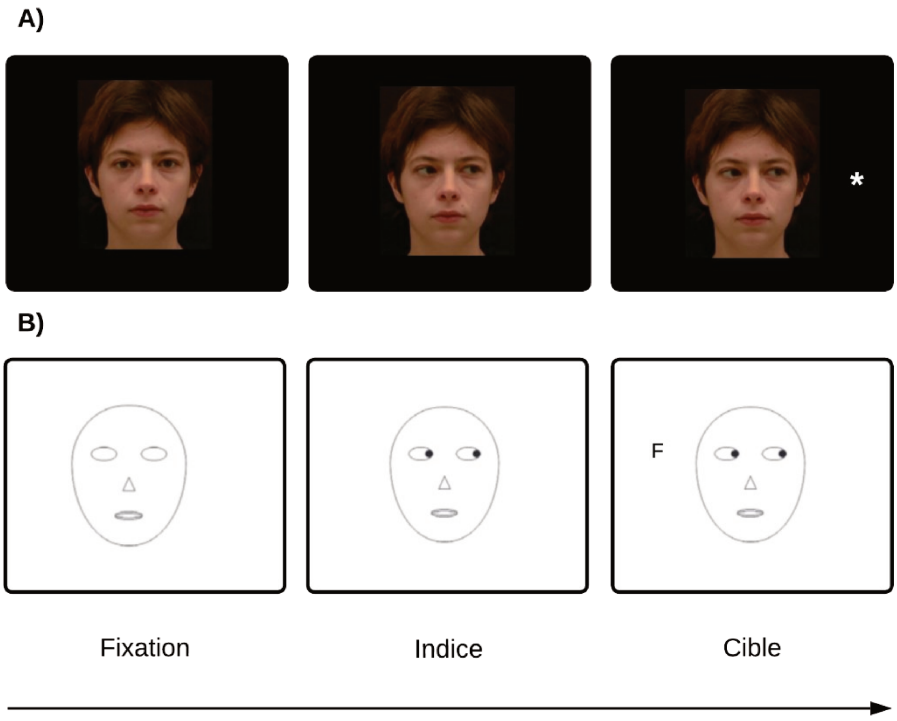

Figure 19 : Exemples d'essais de deux adaptations du paradigme de Posner pour étudier l'indiçage par le regard (reproduits de Narison et al., 2020 ; Tipples, 2008). **A) Étude de Narison et al. (2020).** Une adaptation du paradigme de Posner est utilisée, avec des photographies d'un vrai visage. L'essai illustré représente une condition valide. **B) Étude de Tipples (2008).** Une adaptation du paradigme de Posner est utilisée, avec une image schématique d'un visage. L'essai illustré correspond à une condition invalide.

L'une des caractéristiques essentielles du regard est qu'il provoque une orientation réflexive de l'attention vers l'endroit indiqué. En effet, un déplacement de l'attention est observé même lorsque les participants sont informés que la direction du regard ne permet pas de prédire l'emplacement de la cible (e.g., Driver et al., 1999 ; Friesen et al., 2004 ; Friesen & Kingstone, 1998). Ce déplacement de l'attention serait plus automatique que celui déclenché par la flèche, soulignant ainsi son caractère unique et exogène (Friesen et al., 2004). De plus, Sato et al. (2007) ont montré la présence d'un indiçage par le regard lorsque l'indice est présenté de façon subliminale (i.e., le regard est affiché pendant un temps qui est en-dessous de la perception consciente de chaque participant). Ces résultats soutiendraient l'hypothèse selon laquelle le regard est un indice biologique difficile à inhiber, probablement en raison de son traitement précoce dans le développement cognitif (Farroni et al., 2002) et de sa pertinence dans les interactions sociales quotidiennes (Frischen et al., 2007).

Par ailleurs, certaines études ont montré que l'effet d'indiçage par le regard est plus prononcé chez les femmes que chez les hommes (Alwall et al., 2010 ; Bayliss et al., 2005 ; Deaner et al., 2006 ; McCrackin & Itier, 2019). Toutefois, d'autres études reportent une absence de différence entre sexes (Chacón-Candia et al., 2020 ; Narison et al., 2020). D'après Frischen et al. (2007), cette variation des résultats pourrait être due au fait que l'effet du sexe émerge avec des SOA[27] plus longs. Par exemple, Bayliss et al. (2005) ont montré un effet du sexe avec un SOA de 700 ms, mais pas avec des SOA de 100 et de 300 ms. Il serait toutefois primordial d'explorer d'autres facteurs qui pourraient être responsables de ces divergences, tels que les caractéristiques des stimuli (e.g., visages schématisés, visages photographiés, yeux) et des participants (e.g., niveau socio-culturel).

Malgré la disparité des résultats, la littérature semble confirmer que les femmes présentent un effet d'indiçage par le regard plus fort que les hommes. Ce résultat converge avec de nombreux travaux qui ont montré que les femmes ont de meilleures performances en cognition sociale que les hommes. Par exemple, dès les 12 mois, les filles font plus de contact visuel avec d'autres personnes que les garçons (Lutchmaya et al., 2002). À cette même période, les filles présentent de meilleures capacités d'attention conjointe (Olafsen et al., 2006). Ces différences sont également observées plus tardivement, au sein des processus sociocognitifs de plus haut niveau. Par exemple, Garaigordobil Landazabal (2009) ont montré que les filles, âgées entre 10 et 14 ans, obtiennent des scores significativement plus élevés dans des mesures d'empathie, de comportement prosocial, de comportement assertif et de capacité d'analyse des émotions négatives. Quant aux adultes, plusieurs études suggèrent que les femmes ont de meilleures compétences sociales que les hommes, notamment en ce qui concerne l'empathie (Derntl et al., 2010) et la reconnaissance des émotions faciales (Suzuki et al., 2006). Des débats houleux sont menés pour expliquer ces différences, certains défendant des causes naturelles (la plupart du temps de type évolutionniste ; e.g., Shepherd et al., 2006), d'autres défendant des causes culturelles (e.g., Hall, 1978). Au-delà de l'origine de ces différences, l'ensemble de ces études suggère que les femmes présentent de meilleures compétences sociocognitives, notamment dans le traitement du regard d'autrui.

[27] Pour rappel, le « Stimulus Onset Asynchrony » (SOA) désigne le délai entre l'apparition de l'indice et l'apparition de la cible.

2.2.2. Études développementales

Dès la naissance, les nourrissons sont sensibles au regard et préfèrent regarder le visage d'un adulte qui les regarde directement que celui d'un adulte au regard détourné (Farroni et al., 2002). Cette sensibilité est essentielle pour le développement de la cognition sociale dès les premières années de vie (Striano & Reid, 2006). En revanche, la capacité à déterminer explicitement à quel endroit un adulte regarde apparaît plus tardivement. En effet, il a été établi que les bébés commencent à orienter leur attention dans la direction dans laquelle les adultes regardent vers la fin de leur première année de vie (Butterworth & Jarrett, 1991 ; Carpenter et al., 1998 ; Scaife & Bruner, 1975). De plus en plus de preuves empiriques suggèrent toutefois que cette capacité émerge plus tôt dans le développement cognitif humain.

Par exemple, dans deux expériences, Hood et al. (1998) ont utilisé une tâche similaire au paradigme de Posner (1980), dans laquelle des bébés de 3 mois devaient regarder une vidéo d'un visage d'un adulte regardant vers la droite ou vers la gauche, suivi de l'apparition d'une cible du côté indiqué par le regard ou de l'autre côté. Dans la première expérience, le visage disparaissait lors de la présentation de la cible, afin d'éviter des problèmes de désengagement de l'attention. Dans la deuxième expérience, en revanche, le visage restait visible lors de l'apparition de la cible. Les résultats ont montré que les bébés faisaient plus de saccades vers la cible et étaient plus rapides pour faire ces saccades lorsque l'adulte regardait la cible que lorsqu'il regardait le côté opposé. Ainsi, les bébés sont capables de détecter la direction du regard d'autrui et d'orienter leur attention en réponse à ce regard tôt dans le développement cognitif. Il convient toutefois de noter que l'orientation attentionnelle diminuait lorsque le visage restait visible. Ces résultats montrent les difficultés des bébés à désengager l'attention portée à un stimulus (e.g., un regard) et pourraient expliquer la difficulté rencontrée par les chercheurs à montrer l'émergence plus précoce de l'attention conjointe.

En utilisant un paradigme similaire à celui de Hood et al. (1998), Farroni et al. (2000) ont montré un effet semblable chez des bébés âgés de 4 à 5 mois. En effet, les bébés faisaient des saccades plus rapides lorsque les yeux regardaient la cible que lorsqu'ils regardaient l'endroit opposé, mais uniquement lorsqu'un mouvement des yeux était visible. En utilisant un visage schématique au lieu d'un vrai visage, Farroni et al. (2004) ont répliqué les résultats précédents (Farroni et al., 2000 ; Hood et al., 1998), mais auprès de nouveaux-nés âgés de 2 à 5 jours. En effet, les nouveau-nés étaient plus rapides pour réaliser des saccades dans les essais congruents que dans les essais incongruents. Cependant, cet effet était uniquement présent lorsque le regard

n'était pas statique. Ces résultats confirment que, même si le mouvement des yeux est essentiel, le suivi du regard émerge tôt, ce qui soutiendrait l'hypothèse de Baron-Cohen (1994) selon laquelle un module EDD[28] inné spécialisé dans le traitement de la direction du regard permettrait l'émergence de l'attention conjointe (cf. section 1.1. Définitions et modèles théoriques).

Chez les enfants plus âgés (entre 3 et 5 ans), un effet d'indiçage robuste a été également montré en utilisant le paradigme de Posner mais avec des visages schématiques (Ristic et al., 2002). Cet effet est toujours observé après l'âge de 5 ans. Par exemple, van Rooijen et al. (2018a) ont présenté, à des enfants de 6 à 10 ans, une moitié d'essais contenant des photographies de visages d'adultes, et une autre moitié contenant des visages d'enfants. Les résultats suggèrent un effet d'indiçage par le regard robuste chez l'enfant, qui ne diffère pas en fonction de l'âge de la personne qui initie le regard. En utilisant un paradigme similaire, Neath et al. (2013) ont également montré un effet d'orientation par le regard robuste dès 7 ans, qui diminue jusqu'à 12-13 ans, âge à partir duquel cette capacité se stabiliserait au moins jusqu'à 25 ans. Cette diminution, allant d'environ 50 millisecondes chez les plus jeunes à 20 millisecondes à partir de 12-13 ans, pourrait être la conséquence du développement des fonctions exécutives, et en particulier de l'inhibition (Best & Miller, 2010 ; Gregory et al., 2016 ; Kramer et al., 2005). En effet, les enfants plus âgés auraient tendance à inhiber plus facilement la direction du regard lorsque celle-ci est incongruente avec l'emplacement de la cible. En accord avec ce dernier point, des études ont montré, en utilisant des visages schématiques, que les enfants âgés de 3 à 5 ans et de 10 ans présentaient des effets d'indiçage par le regard plus prononcés que les adultes (Kuhn et al., 2011 ; Ristic et al., 2002).

Pendant l'adolescence, les travaux de van Rooijen et al. (2018b) ont révélé que l'effet d'indiçage par le regard demeure stable, bien qu'il montre une tendance à diminuer. Ces résultats suggèrent un effet robuste du suivi du regard, qui ne serait pas influencé par les modifications physiologiques et psychologiques liées à la puberté. En outre, cette étude est la première à rapporter une analyse concernant l'effet du sexe. Les auteurs concluent à une absence de différence entre les filles et les garçons dans le suivi du regard. Puisque des études ont montré des effets du sexe chez l'adulte (Alwall et al., 2010 ; Bayliss et al., 2005 ; Deaner et al., 2006 ; McCrackin & Itier, 2019), nous pourrions conclure que les différences apparaissent après l'adolescence. Néanmoins, il est également envisageable qu'elles surviennent pendant

[28] Pour rappel, *Eye Direction Detector* (EDD)

l'enfance mais qu'elles ne soient pas retrouvées dans l'échantillon de van Rooijen et al. (2018b), ou qu'elles n'existent pas. Par conséquent, davantage d'études sont nécessaires pour déterminer si les filles présentent une sensibilité plus importante au regard que les garçons, comme cela a été observé chez l'adulte.

2.3. Le suivi du pointage du doigt

2.3.1. Études chez l'adulte

Dans la vie de tous les jours, les personnes orientent l'attention des autres personnes, en utilisant non seulement le regard, mais également d'autres indices sociaux comme les gestes de pointage. La capacité à suivre le pointage du doigt a été également étudiée en utilisant une adaptation du paradigme de Posner (1980) avec des photographies d'une main pointant le doigt isolée du reste du corps, souvent présentées de façon statique (Ariga & Watanabe, 2009 ; Cazzato et al., 2012 ; Fischer & Szymkowiak, 2004 ; Gregory & Hodgson, 2012 ; Sato et al., 2009). Comme dans les études conduites sur le regard, la main apparaît souvent au centre de l'écran et pointe, soit dans la direction qui est congruente avec l'apparition de la cible, soit dans la direction incongruente (cf. Figure 20). À nouveau, les participants sont plus rapides pour détecter la cible dans les essais congruents que dans les essais incongruents (e.g., Ariga & Watanabe, 2009 ; Belopolsky et al., 2008 ; Fischer & Szymkowiak, 2004). La différence des temps de réaction, tout comme pour le regard, peut varier en fonction des caractéristiques méthodologiques des études (e.g., entre 10 et 30 millisecondes chez l'adulte ; Cazzato et al., 2012 ; Gregory & Hodgson, 2012 ; Ulloa et al., 2015). En outre, l'effet d'indiçage par le pointage a été montré même avec des SOA[29] très courts (e.g., 107 ms ; Ariga & Watanabe, 2009), suggérant que le pointage du doigt est traité très rapidement et automatiquement.

[29] Pour rappel, le « Stimulus Onset Asynchrony » (SOA) est le temps qui sépare l'apparition de l'indice de l'apparition de la cible.

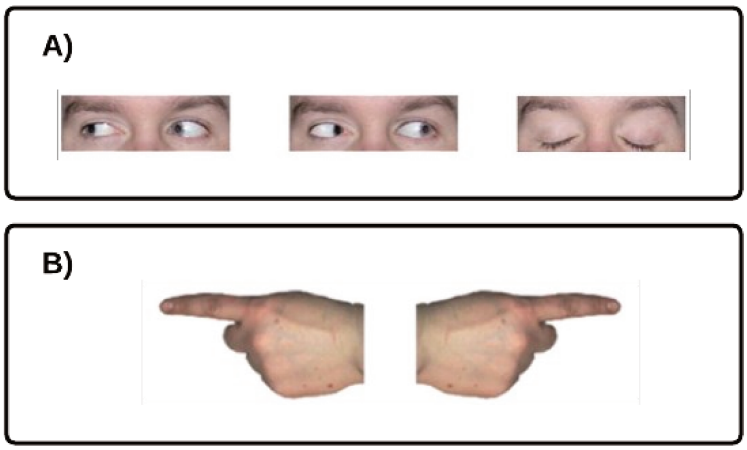

Figure 20 : Illustration des stimuli utilisés dans l'étude de Gregory & Hodson (2012) pour étudier l'effet du regard et du pointage. **A)** Des yeux qui regardent à droite ou à gauche. **B)** Des mains qui pointent à droite ou à gauche.

Ainsi, la majorité des études qui ont étudié le suivi du pointage du doigt avec le paradigme de Posner ont utilisé un matériel peu écologique avec des photographies statiques d'une main pointant le doigt isolée. D'autres travaux, comme ceux de Belopolsky et al. (2008), ont utilisé un matériel plus écologique avec des vidéos d'une personne pointant du doigt. Cependant, dans cette étude, le visage de la personne n'apparaissait pas. L'étude récente de Lu & van Zoest (2023) est l'une des rares à comparer directement le regard et le pointage et à présenter des schémas de bonhommes entiers orientant la main, le regard et/ou la tête vers la droite ou la gauche. Au cours de trois expériences, les chercheurs ont montré que l'effet d'indiçage par le regard était plus faible que celui du pointage, et que le pointage était toujours traité préférentiellement par rapport au regard et à l'orientation de la tête. Dans l'ensemble, les résultats suggèrent une dominance du pointage par rapport aux autres indices sociaux présentés, probablement parce que le mouvement du pointage est plus saillant (Butterworth & Itakura, 2000 ; Triesch et al., 2006). Cependant, même si le pointage n'était pas isolé du reste du corps, le matériel utilisé dans cette étude reste statique et schématique.

2.3.2. Études développementales

Jusqu'à récemment, il était établi que les nourrissons commençaient à orienter l'attention en réponse au pointage entre l'âge de 10 et 13 mois (Carpenter et al., 1998 ; Leung & Rheingold, 1981 ; Tomasello et al., 2007). Autrement dit, le comportement de suivi du pointage émergerait 7 à 12 mois plus tard que le comportement de suivi du regard (Farroni et al., 2004 ; Hood et al., 1998). Si le pointage du doigt est véritablement plus saillant que le regard (Butterworth & Itakura, 2000 ; Triesch et al., 2006), il serait naturel de penser que la capacité à suivre le pointage puisse émerger avant 10 mois chez les bébés. Pour répondre à cette question, Rohlfing et al. (2012) ont réalisé trois expériences (cf. Figure 21). Dans la première, ils ont présenté à

des bébés de 4 mois des films dans lesquels une main humaine apparaissait au centre de l'écran et un geste de pointage s'effectuait en se déplaçant légèrement vers la droite ou vers la gauche. Ensuite, la main disparaissait et un jouet était présenté sur le côté indiqué par la main, ou le côté opposé. Afin de reproduire l'étude de Farroni et al. (2000) mais avec du pointage, et vérifier si, comme pour le regard, le mouvement est nécessaire pour orienter l'attention en réponse à un pointage, les auteurs ont réalisé une deuxième expérience, similaire à la première mais dans laquelle le pointage restait statique. Dans ces deux expériences, ils ont montré, comme Farroni et al. (2000) pour le regard, que les bébés orientaient l'attention vers le côté amorcé uniquement lors de la présence d'un mouvement. Cependant, le mouvement réalisé dans la première expérience était toujours dans la direction du doigt pointé, ce qui a pu inciter le nourrisson à regarder dans cette direction. Pour résoudre ce problème, les auteurs ont conduit une troisième expérience dans laquelle ils ont manipulé deux conditions : une condition « avant », dans laquelle le mouvement de la main était réalisé dans la direction du doigt pointé, et une condition « arrière », dans laquelle le mouvement de la main était réalisé dans la direction opposée à celle pointée. Les résultats ont révélé que, dans la condition « avant », lorsque la direction du pointage et le mouvement étaient congruents, l'effet d'indiçage était fort tandis que, dans la condition « arrière », lorsque la direction du pointage et le mouvement s'opposaient, l'effet d'indiçage disparaissait. Ainsi, les résultats suggèrent que le suivi du pointage n'est pas uniquement dépendant d'un effet de mouvement et que, pour que le bébé suive le doigt, il est nécessaire qu'il y ait un mouvement dans la direction pointée. Cette étude met donc en lumière la grande sensibilité des bébés à la direction du pointage dès un très jeune âge.

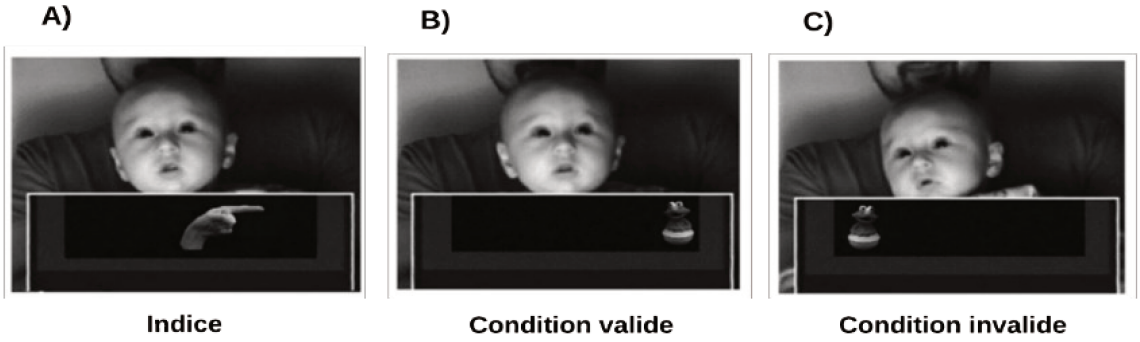

Figure 21 : Illustration de l'expérience de Rohlfing et al. (2012). Des captures d'écran d'un bébé regardant la vidéo sont présentées accompagnées d'une capture d'écran de la vidéo regardée par le bébé**. A)** La vidéo du doigt pointant vers la droite est présentée. **B)** Un essai valide dans lequel l'objet apparaît du côté indiqué par le doigt. **C)** Un essai invalide dans lequel l'objet apparaît au côté opposé à la direction du doigt.

Selon Tomasello et al. (2007), « le pointage en soi n'est rien » (p. 706). En effet, le pointage ne peut être compris que dans un contexte particulier de communication. Par exemple, si deux personnes sont en train de prendre un café ensemble, et tout d'un coup, une des deux personnes pointe du doigt vers une table sans aucun contexte, il est probable que l'autre personne ne comprenne pas ce qu'il se passe. Pour comprendre à quel point des signaux de communication permettent de moduler le suivi du pointage chez des bébés de 10 et 12 mois, Daum et al. (2013) ont utilisé une tâche similaire à celle de Rohlfing et al. (2012) mais en manipulant quatre conditions lors de la présentation d'une main pointant : une condition dans laquelle les bébés écoutaient une femme dire « Regarde ! Ici ! » (i.e., discours verbal), une condition dans laquelle les bébés écoutaient la même voix humaine, mais en inversant les lettres pour qu'elle ne soit pas référentielle (i.e., discours inversé), une condition dans laquelle les bébés écoutaient un son généré par un ordinateur (i.e., son artificiel) et une condition dans laquelle aucun son n'était présenté (i.e., absence de son). Les résultats ont montré que les bébés de 12 mois orientaient leur attention en réponse au pointage seulement dans la condition discours verbal. De plus, les résultats ont montré que plus le son écouté était humain et communicatif et plus les bébés orientaient leur attention en réponse du pointage. En revanche, les bébés de 10 mois n'ont répondu au pointage dans aucune des conditions. Ces résultats montrent, d'une part, l'importance de la communication verbale lors de l'utilisation du pointage chez le nourrisson, et d'autre part, l'émergence du suivi du pointage à la fin de la première année, en accord avec d'autres études (e.g., Scaife & Bruner, 1975). Cependant, à notre connaissance, aucun mouvement de pointage n'était présent dans cette étude. Il est possible que, comme montré par

Rohlfing et al. (2012) chez des bébés de 4 mois, le mouvement soit toujours nécessaire à l'âge de 10 mois pour diriger l'attention, mais plus à l'âge de 12 mois.

Chez les enfants plus âgés, l'effet de l'indiçage par le pointage a fait l'objet de peu de travaux. Quelques études se sont toutefois intéressées au suivi du pointage à un âge de l'enfance spécifique en comparant, par exemple, des individus atteints d'autisme à des individus au développement typique. Ces dernières ont permis de montrer un effet du pointage du doigt à 8 ans chez l'enfant tout-venant (e.g., Swettenham et al., 2013). De plus, les travaux de Gregory et al. (2016) ont étudié la trajectoire développementale de cette capacité chez l'enfant. En utilisant le paradigme de Posner avec les mêmes stimuli que Gregory & Hodgson (2012), ils ont examiné les saccades oculaires d'enfants de 3 à 10 ans lors du traitement d'un regard et d'un geste de pointage (cf. Figure 20). Les résultats suggèrent que, comme dans l'étude de Lu & van Zoest (2023) chez les adultes, l'effet d'indiçage par le pointage est plus fort (estimé à 43 millisecondes) que celui du regard (estimé à 13 millisecondes) chez les jeunes enfants. Selon les auteurs, les bébés apprennent certainement à associer le pointage d'un adulte envers un objet à un stade plus précoce que d'autres indices, en raison du fait que les mains sont plus saillantes. En effet, le geste de pointage a tendance à se produire plus bas dans le champ visuel que le regard. Par ailleurs, tout comme pour le suivi du regard, les résultats ont mis en évidence que l'effet du pointage diminue avec l'âge, ce qui pourrait être en lien avec le développement des mécanismes du contrôle de l'inhibition, résultant de la maturation du cortex préfrontal (Gregory et al., 2016 ; Kramer et al., 2005 ; Luna et al., 2008).

2.4. Cumul de plusieurs indices sociaux

Dans la vie quotidienne, il est rare de pointer du doigt sans orienter la tête et le regard dans la même direction. Cependant, la majorité des travaux sur le pointage l'ont étudié de façon isolée, sans montrer aux participants le visage et le corps de la personne, ce qui ne permet donc pas de comprendre comment le pointage est traité dans une situation naturelle de la vie quotidienne. De plus, très peu de travaux ont examiné l'effet d'autres indices sociaux que le regard ou le pointage du doigt, alors que l'orientation de la tête et de la posture du corps, en plus du regard et du pointage, contribueraient aux décisions qui concernent l'orientation de l'attention d'une autre personne. Par exemple, Perrett et al. (1992) ont montré que des cellules situées dans le

STS[30] du macaque répondent aussi bien à la direction du regard qu'à celle d'autres indices sociaux comme la tête et la posture du corps. Sur la base de ces résultats, Perrett et Emery (1994) ont remis en cause le modèle de Baron-Cohen (1994) qui propose que le développement d'un mécanisme spécialisé dans la détection de la présence des yeux et leur orientation (« Eye Direction Detector », EDD) serait nécessaire pour l'émergence de la théorie de l'esprit (cf. section 1.1. Définitions et modèles théoriques). Comme les cellules du STS joueraient un rôle primordial dans l'analyse de l'attention sociale, Perret et Emery (1994) argumentent le besoin de prendre en compte d'autres indices sociaux que le regard et proposent de remplacer l'EDD par un module de traitement plus général, qui serait spécialisé dans la détection de l'attention d'autrui (« Direction of Attention Detector », DAD).

L'hypothèse selon laquelle les différents indices sociaux contribuent au traitement de la direction de l'attention d'autrui a conduit les chercheurs à plusieurs pistes de recherche. Comment l'humain traite-t-il ces indices quand ils sont ensemble ? Et en particulier, comment traite-t-il ces indices quand leur direction est incongruente (i.e., lorsqu'un indice est orienté vers un endroit et l'autre vers un autre endroit) ? Selon Perrett et al. (1992), il existerait une hiérarchisation des signaux déclenchés par les indices sociaux, dans laquelle le regard serait l'indice le plus priorisé et la posture du corps le moins priorisé. Les informations spécifiant la direction du regard d'autrui inhiberaient les cellules du STS qui codent une orientation de la tête incongruente (i.e., lorsque la tête est orientée vers un endroit différent que le regard), tandis que les informations provenant de l'orientation de la tête inhiberaient les cellules codant une direction de la posture du corps incongruente. Selon cette hiérarchie, lorsque les yeux sont visibles, les cellules du STS spécifiant l'orientation de la tête et de la posture du corps seraient inhibées et les yeux permettraient majoritairement d'orienter l'attention. En revanche, lorsque les yeux sont cachés, l'orientation de la tête fournirait les informations permettant d'orienter l'attention de l'individu. Enfin, lorsque l'orientation de la tête n'est pas perçue par l'individu, c'est la posture du corps qui permettrait de déclencher des mécanismes attentionnels. Ainsi, bien que Perret et ses collaborateurs soulignent l'importance d'autres indices que le regard dans la détection de l'attention d'une autre personne, le regard détient une place privilégiée.

Langton (2000) a toutefois remis en cause l'hypothèse de Perrett et al. (1992) et a argumenté que le traitement des indices sociaux devrait être plus complexe qu'une simple hiérarchisation de l'information et devrait mettre en jeu des processus de combinaison. Afin de montrer cela,

[30] Pour rappel, sulcus temporal supérieur.

Langton a conduit une étude dans laquelle il a mis en conflit différents indices sociaux dans une tâche d'interférence de type Stroop. Dans une première expérience, des images d'un individu qui avait la tête dirigée vers le haut, le bas, la droite ou la gauche ont été présentées. Le regard de cet individu était dirigé vers un endroit congruent ou incongruent avec l'orientation de la tête. La tâche du participant consistait à appuyer le plus vite possible sur un bouton du clavier différent en fonction de la direction du regard (haut, bas, droite ou gauche), en ignorant la direction de l'orientation de la tête. Les résultats ont montré que les temps de réaction étaient plus rapides quand la tête et le regard étaient orientés dans la même direction que lorsqu'ils étaient orientés dans des directions différentes. Lorsque les participants devaient ignorer le regard et répondre en fonction de la direction de la tête, les mêmes résultats étaient retrouvés. Dans une autre expérience, les images précédentes étaient présentées avec des mots de direction (« haut », « bas », « gauche » et « droite ») et les participants avaient pour consigne de répondre rapidement au stimulus verbal en ignorant les images. Les résultats ont mis en évidence que les participants étaient plus rapides lorsque la direction de la tête et du regard étaient congruents avec le mot entendu que lorsqu'ils étaient incongruents. Cet effet n'était toutefois pas présent lorsque la tête et le regard étaient orientés dans des directions différentes. Dans l'ensemble, nous pouvons conclure que, contrairement à l'hypothèse de Perret et ses collègues, les directions de la tête et du regard sont traitées en parallèle et exercent une influence mutuelle sur les mécanismes attentionnels. Enfin, Langton et Bruce (2000) ont répliqué ces résultats et ont montré que le pointage du doigt contribue également au traitement de la direction de l'attention.

Ainsi, le traitement de l'attention se réalise grâce aux informations provenant de la direction de la tête, du regard et du pointage. Langton et al. (2000) suggèrent que les indices sociaux tels que le regard, la tête et les gestes de pointage ont des effets cumulatifs lorsqu'ils sont orientés dans la même direction. En effet, les cellules situées dans le STS seraient non seulement spécialisées dans le traitement des différents indices sociaux, mais seraient également davantage activées lorsque plusieurs indices sociaux sont orientés dans la même direction (Perrett et al., 1992). Cependant, l'hypothèse selon laquelle cela optimise les mécanismes d'orientation attentionnelle manque de preuves empiriques. Pourtant, le pointage est rarement réalisé sans diriger le regard et la tête dans la même direction. Ainsi, l'étude du cumul du regard, du pointage et de la tête permettrait de déterminer comment l'être humain comprend le pointage dans une situation naturelle de la vie quotidienne.

3. Évaluation du suivi des indices sociaux dans le TDAH

3.1. Le suivi des indices sociaux dans le TDAH

Comme mentionné préalablement (cf. section 1. L'attention visuelle conjointe), la capacité d'attention conjointe joue un rôle primordial dans le développement d'autres compétences sociocognitives, comme la théorie de l'esprit (Baron-Cohen, 1994). Une altération de l'attention conjointe pourrait être associée, voire à l'origine, des dysfonctionnements sociaux souvent observés chez les enfants souffrant d'un TDAH, comme cela a été préalablement suggéré dans le cadre du TSA. En effet, le TSA est une pathologie neurodéveloppementale caractérisée par une atteinte de l'attention conjointe (Charman et al., 1997 ; MacDonald et al., 2006 ; Mundy, 1995 ; Naber et al., 2008), qui pourrait être associée à d'autres difficultés de la cognition sociale, notamment dans les domaines de la théorie de l'esprit (cf. Baron-Cohen, 2000, pour une revue) et de la reconnaissance des émotions (cf. Lozier et al., 2014 ; Uljarevic & Hamilton, 2013 ; pour deux méta-analyses). En particulier, la méta-analyse de Bottema-Beutel et al. (2019) a montré que la capacité à répondre à l'attention conjointe est l'un des meilleurs facteurs prédictifs du fonctionnement social dans le TSA, soulignant l'importance de prendre en compte cette capacité lors de la prise en charge de ces enfants.

Contrairement à l'intérêt porté au TSA, peu de travaux ont examiné l'attention conjointe chez les enfants atteints d'un TDAH. Pourtant, le TDAH et le TSA présenteraient des caractéristiques similaires, avec des symptômes et des signes parfois difficilement différentiables lors du diagnostic. En effet, des études ont montré des traits autistiques chez les enfants atteints d'un TDAH (Ayaz et al., 2013 ; Kochhar et al., 2011 ; Kotte et al., 2013 ; Temeltürk et al., 2023). De plus, en utilisant des mesures des mouvements oculaires, Airdrie et al. (2018) ont montré que les enfants atteints d'un TDAH fixaient moins les yeux que les enfants au développement typique pendant une tâche de reconnaissance des émotions faciales. Chez les enfants atteints d'un TSA, cette diminution de l'attention portée aux yeux a été également montrée et serait associée à un dysfonctionnement social plus important (Jones et al., 2008). Enfin, l'étude de Muszkat et al. (2015) a montré une diminution de l'attention portée aux yeux à la fois chez les enfants atteints d'un TSA et chez ceux atteints d'un TDAH. L'ensemble de ces résultats suggère que les enfants atteints d'un TDAH, comme ceux ayant un TSA, rencontrent des difficultés à prêter attention aux indices sociaux tels que le regard.

Afin de mieux comprendre ces difficultés d'attention sociale, des chercheurs ont utilisé des adaptations du paradigme de Posner et ont montré des difficultés aussi bien chez les enfants TSA (Goldberg et al., 2008 ; Marotta et al., 2013) que chez les enfants souffrant d'un TDAH. La première étude à avoir utilisé le paradigme de Posner pour évaluer la capacité à suivre le regard chez les enfants atteints d'un TDAH âgés de 7 à 16 ans est celle de Marotta et al. (2014). Ces auteurs ont comparé le regard à des indices centraux (i.e., flèches) et périphériques (i.e., carré en surbrillance ; cf. Figure 22). Les résultats suggèrent que, lorsque des indices non sociaux (i.e., centraux et périphériques) sont utilisés, tous les enfants sont en moyenne plus rapides dans les essais congruents que dans les essais incongruents. Cela permet de confirmer les résultats des études précédentes, qui ont montré que l'orientation attentionnelle en réponse à des indices non sociaux est préservée chez les enfants atteints d'un TDAH (cf. Huang-Pollock & Nigg, 2003, pour une méta-analyse). En revanche, lorsque le regard est utilisé comme indice, les enfants atteints d'un TDAH ne sont pas significativement plus rapides dans les essais congruents, contrairement aux enfants au développement typique. Ainsi, cette différence dans le traitement des indices sociaux et non sociaux suggère que les enfants souffrant d'un TDAH, tout comme les enfants ayant un TSA, présentent un déficit de l'attention sociale, qui serait en accord avec les difficultés de cognition sociale souvent observées chez ces enfants (Bora & Pantelis, 2016).

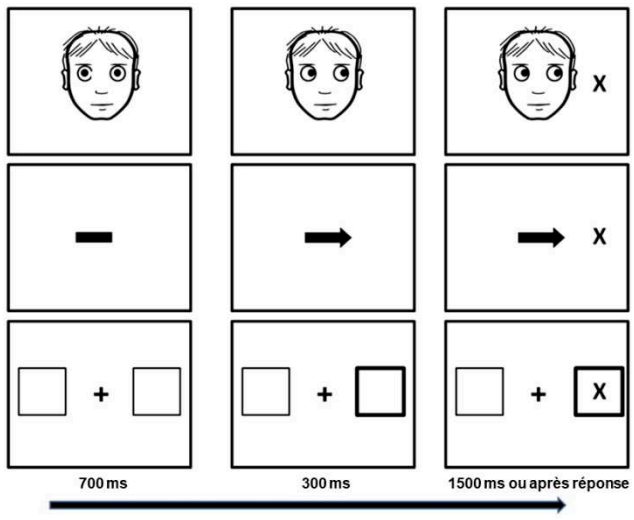

Figure 22 : Illustration d'un essai valide dans chaque condition de l'expérience de Marotta et al. (2014). Les images du haut représentent la condition avec un **regard** comme indice social. Les images centrales représentent la condition avec une **flèche** comme indice non social. Les images du bas représentent la condition avec un **carré en surbrillance** comme indice non social.

Par la suite, la même équipe de recherche a examiné si le traitement des indices sociaux est altéré en utilisant une tâche différente : la tâche de Stroop (Marotta et al., 2017). Dans cette dernière, les enfants devaient répondre avec la main à un mot cible (soit « GAUCHE », soit « DROITE » ; cf. Figure 23). Lors de la présentation de ce mot, deux types d'éléments

distracteurs différents pouvaient être présentés : soit un regard dont la direction était congruente ou incongruente avec le mot cible, soit une flèche dont la direction était également congruente ou incongruente avec ce dernier. Les enfants devaient appuyer le plus vite possible sur un bouton lors de l'apparition du mot « GAUCHE » ou sur un autre bouton lors de l'apparition du mot « DROITE ». Les résultats suggèrent que les flèches provoquent un effet d'interférence (i.e., diminution des temps de réaction pour les essais congruents par rapport aux essais incongruents) chez tous les participants. Néanmoins, lorsque le regard est présenté, l'effet d'interférence est seulement présent chez les enfants au développement typique, suggérant que les enfants atteints d'un TDAH ont une sensibilité moins importante au regard. Ces résultats permettent, avec ceux de Marotta et al. (2014), de confirmer une difficulté à prêter attention au regard, mais s'opposent à ceux trouvés par Groom et al. (2017). En effet, ces auteurs ont mis en évidence un traitement atypique du regard chez les enfants présentant un TSA et à la fois un TDAH et un TSA, mais pas chez les enfants ayant uniquement un TDAH. Néanmoins, les auteurs expliquent que la conception des tâches et le faible nombre de participants pourraient expliquer ces divergences dans les résultats.

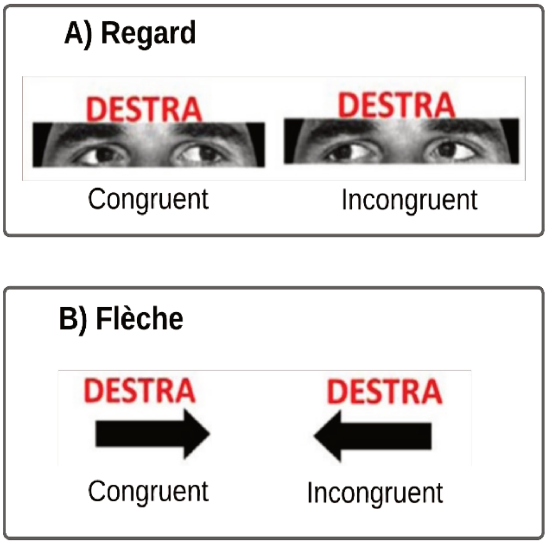

Figure 23 : Illustration des conditions de l'étude de Marotta et al. (2017). « DESTRA » est le mot italien pour « DROITE ». **A) Regard.** Les conditions congruentes et incongruentes lors de la présentation du regard sont illustrées. **B) Flèche.** Les conditions congruentes et incongruentes lors de l'utilisation de la flèche sont illustrées.

À la suite des résultats précédents, l'étude récente de Guo et al. (2019) a exploré, chez des enfants de 8 à 13 ans atteints d'un TDAH, comment les oscillations alpha du cerveau, induites par le regard, sont modulées. Dans la tâche utilisée, un regard dirigé vers la gauche ou la droite était présenté, avant qu'une cible apparaisse autour de onze diamants disposés en cercle (cf. Figure 24). Les participants devaient indiquer si la cible se trouvait dans le champ visuel supérieur ou inférieur en appuyant sur un bouton. Pendant ce temps, les données

d'électroencéphalographie (EEG) étaient enregistrées. Les résultats suggèrent que les enfants souffrant d'un TDAH présentent une latéralisation alpha réduite en réponse au regard uniquement dans l'hémisphère gauche. De plus, la modulation atypique des ondes alpha dans l'hémisphère gauche était liée aussi bien aux mauvaises performances comportementales à la tâche qu'à la sévérité des symptômes du TDAH. Par conséquent, les enfants atteints d'un TDAH semblent éprouver des difficultés à prêter attention au regard, possiblement en raison d'un déficit des oscillations alpha dans l'hémisphère gauche. Les auteurs concluent que ce déficit pourrait constituer un marqueur neurophysiologique du TDAH.

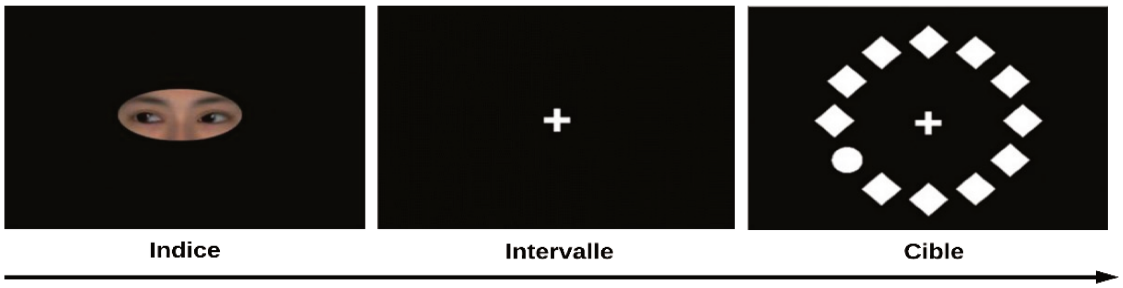

Figure 24 : Illustration d'un essai valide du paradigme expérimental utilisé par Guo et al. (2019).

Enfin, Temeltürk et al. (2023) ont utilisé une tâche de type Posner mais en enregistrant les mouvements oculaires plutôt qu'en mesurant le temps pour détecter la cible (cf. Figure 25). Dans cette tâche, plus écologique que les précédentes, les enfants regardaient des vidéos du visage d'un modèle. Tout d'abord, le modèle regardait devant lui, puis un objet apparaissait dans l'un des quatre coins de l'écran (i.e., en haut à droite, en haut à gauche, en bas à droite, en bas à gauche). Par la suite, le modèle orientait son regard et sa tête vers le coin où l'objet apparaissait ou vers le coin opposé. Enfin, l'objet disparaissait tandis que le modèle continuait à regarder et à orienter sa tête vers un côté. Les résultats ont montré que, lorsque le modèle regardait droit devant lui (i.e., au début de la vidéo), les deux groupes de participants portaient la même attention aux yeux et à la bouche. Ces résultats contredisent ceux observés dans la littérature, qui suggèrent que les enfants atteints d'un TDAH ont tendance à regarder moins les yeux que les enfants au développement typique (Airdrie et al., 2018 ; Muszkat et al., 2015). Cependant, lorsque l'objet apparaissait et que le regard et la tête étaient déviés vers l'un des coins, les enfants atteints d'un TDAH regardaient plus le visage et les yeux du modèle que les enfants au développement typique, probablement en raison d'une difficulté à désengager l'attention du visage. De plus, dans les essais congruents, ces enfants regardaient moins l'objet

à la fin de la vidéo que les enfants au développement typique. Ces résultats confirment l'hypothèse selon laquelle les enfants avec un TDAH rencontrent une difficulté à suivre les indices sociaux (i.e., tête et regard), qui pourrait être en lien avec une incapacité à détourner le regard du visage et/ou à l'orienter vers un autre stimulus.



Figure 25 : Illustration des conditions de l'étude de Temelturk et al. (2023).

Ainsi, les études précédentes confirment la présence d'un déficit dans la capacité à prêter attention et à répondre au regard chez les enfants atteints de TDAH, et ce, en utilisant différentes tâches. Cette difficulté dans le traitement du regard pourrait être en lien avec certaines altérations cérébrales. Des travaux ont notamment montré, dans le TDAH, des dysfonctionnements au sein du cortex temporal et pariétal (Soman et al., 2023 ; Wu et al., 2019 ; cf. Kasparek et al., 2015, pour une revue), qui sont connus pour leur implication dans le traitement du regard, mais également dans le traitement d'autres indices sociaux, tels que le pointage du doigt et l'orientation de la tête (e.g., STS ; cf. section 1.2. Bases cérébrales de l'attention conjointe). À notre connaissance, l'étude de Temeltürk et al. (2023) est la première à examiner l'effet de l'orientation de la tête en plus du regard sur l'attention des enfants atteints d'un TDAH, mais aucune étude n'a examiné l'effet du pointage du doigt. Compte tenu des informations fournies préalablement, il semble raisonnable de supposer que les enfants souffrant d'un TDAH pourraient également rencontrer des difficultés à traiter d'autres indices sociaux tels que le pointage du doigt. Par conséquent, de futures études seront nécessaires pour comprendre si les difficultés à suivre le regard se généralisent au suivi du pointage ou de l'orientation de la tête chez ces enfants.

3.2. Évaluation du suivi des indices sociaux

Nous avons préalablement montré que les enfants atteints d'un TDAH rencontrent une difficulté à répondre à des indices sociaux tels que le regard. Cependant, les études précédentes ont fondé leurs conclusions sur les performances moyennes de groupes d'individus. Étant donné que le

TDAH est un trouble caractérisé par une hétérogénéité importante, il est probable que tous les enfants atteints d'un TDAH ne rencontrent pas de difficultés à suivre le regard. En accord avec cette hypothèse, les déficits des fonctions exécutives ont été largement montrés dans les études de groupe, mais ne sont pas présents systématiquement chez tous les enfants (e.g., Sjöwall & Thorell, 2019). De plus, Greene et al. (1997) ont estimé que 22 % des enfants atteints d'un TDAH rencontrent des difficultés sociales, pouvant être liées à des altérations de la cognition sociale, et notamment de l'attention et de la réponse aux indices sociaux (Marotta et al., 2014, 2017 ; Temeltürk et al., 2023). Comme ces difficultés sociales entraînent des répercussions importantes au quotidien (cf. Hoza, 2007 ; McQuade & Hoza, 2008 ; Nijmeijer et al., 2008 ; Nixon, 2001 ; Ros & Graziano, 2017 ; pour des revues), il serait primordial d'identifier les enfants qui rencontrent de telles difficultés, pour pouvoir proposer une prise en charge adaptée à leur profil cognitif individuel.

Comme nous l'avons préalablement évoqué (cf. Chapitre 1, section 3.3. Prise en charge neuropsychologique), l'évaluation neuropsychologique des enfants atteints d'un TDAH est généralement centrée sur la mesure de l'attention et des fonctions exécutives. La principale raison pour laquelle la cognition sociale n'est souvent pas évaluée est certainement le manque d'outils adaptés (McCauley et al., 2012 ; Thompson et al., 2018). En effet, les outils qui existent sont souvent destinés à la recherche empirique, limitant leur applicabilité dans la pratique clinique. Lorsque les outils sont conçus dans un objectif thérapeutique, ils ne sont souvent pas étalonnés, alors que l'obtention de normes est essentielle pour pouvoir situer un individu par rapport à un groupe normatif et connaître ses performances (Amieva et al., 2011). De plus, de nombreux outils sont rarement validés ou, le cas échéant, le sont uniquement dans le cadre de pathologies spécifiques tels que le TSA (e.g., *Empathy Quotient*[31] ; Baron-Cohen & Wheelwright, 2004). D'autres outils ne sont développés que pour les adultes, limitant leur applicabilité aux enfants (e.g., Protocole d'évaluation de la cognition sociale de Bordeaux, PECS-B ; Etchepare et al., 2014, 2020). Enfin, l'évaluation de la cognition sociale est souvent réalisée à l'aide de mesures indirectes qui sont subjectives (e.g., questionnaire IRI[32] évaluant l'empathie) ou bien des mesures objectives qui sont limitées en termes de validité écologique (e.g., RMET[33] et *Faces test* de Baron-Cohen). En effet, le matériel utilisé est souvent fictif et

[31] La version française de ce test peut être trouvée sur le site suivant : https://www.autismresearchcentre.com/

[32] Pour rappel, *Interpersonal Reactivity Index.*

[33] Pour rappel, *Reading the Mind in the Eyes Test.*

statique, ce qui ne permet donc pas de prédire des difficultés de cognition sociale dans la vie quotidienne (Thompson et al., 2018).

La batterie NEPSY-II (Korkman et al., 2012), qui est l'une des plus utilisées en pratique clinique chez l'enfant (cf. Chapitre 1, section 3.3. Prise en charge neuropsychologique), propose des subtests de cognition sociale : un test de reconnaissance des émotions et un autre de théorie de l'esprit. Le premier subtest permet d'évaluer la capacité à identifier des émotions (i.e., joie, tristesse, colère, dégoût, peur et neutralité) en utilisant des photographies de visages d'enfants. Ce test se compose de plusieurs activités dans lesquelles les participants doivent faire correspondre des photos de visages qui expriment la même émotion. Le subtest de théorie de l'esprit, quant à lui, comporte deux tâches qui impliquent des capacités de cognition sociale variées. Dans la première, des scénarios sont lus ou présentés en images à l'enfant et des questions sont posées par rapport au point de vue d'une autre personne (e.g., fausse croyance de niveau 1), à la distinction entre apparence et réalité (e.g., une théière en forme de pomme) ou à la compréhension d'expressions imagées (e.g., se ressembler comme deux gouttes d'eau). Dans la deuxième tâche, une situation dessinée est présentée, dans laquelle apparaît un personnage qui ne montre pas son visage, et l'enfant doit choisir, parmi quatre photos représentant des expressions faciales émotionnelles, celle qui correspond le mieux à la situation. Des données d'étalonnage sont disponibles pour les enfants de 5 à 16 ans, mais sont issues d'un échantillon américain. Même si des analyses statistiques ont permis aux auteurs de conclure que les données américaines étaient proches de celles de la culture francophone, l'utilisation de normes d'une culture différente peut être considérée une limite.

Ainsi, l'évaluation de la cognition sociale en pratique clinique, tout comme en recherche, est complexe. Une des raisons est que de nombreux processus sociocognitifs (e.g., attention et fonctions exécutives) entrent en jeu dans les tests développés. Ces épreuves évaluent fréquemment des fonctions sociocognitives de haut niveau telles que la théorie de l'esprit, alors que des processus cognitifs de plus bas niveau peuvent provoquer ou accentuer les déficits de ces fonctions. Par exemple, dans les tests qui impliquent la lecture d'histoires, ces dernières sont parfois longues et complexes pour des patients qui présentent un trouble attentionnel, comme les enfants atteints de TDAH. De faibles performances dans ces épreuves peuvent être attribuées à un déficit de la théorie de l'esprit, tout comme à des difficultés liées à l'attention soutenue, la compréhension syntaxique ou la mémoire de travail. Par conséquent, il serait pertinent de développer des outils évaluant des capacités de plus bas niveau qui sollicitent moins de processus cognitifs. L'évaluation de l'attention conjointe, en particulier, permettrait de

mieux anticiper les difficultés sociocognitives de plus haut niveau, comme la théorie de l'esprit, et, par extension, les difficultés rencontrées au quotidien.

À notre connaissance, il n'existe aucun test neuropsychologique permettant de déterminer si un enfant donné suit spontanément des indices sociaux tels que le regard. Compte tenu de l'importance de ce mécanisme dans le développement de la cognition sociale, il parait essentiel de pallier ce manque. Quelques équipes de recherche ont tenté de développer des algorithmes pour identifier les stratégies visuelles de traitement des visages chez les individus atteints d'un TSA en utilisant des enregistrements des mouvements oculaires (Sadria et al., 2019 ; Wan et al., 2019). Cependant, il est encore difficile d'envisager la possibilité que des neuropsychologues disposent dans leur pratique d'un outil permettant d'enregistrer les mouvements oculaires, en raison du coût financier et en formation. Ainsi, nous proposons de développer un outil facile à utiliser et écologique pour évaluer le suivi des indices sociaux.

Cet outil est inspiré du paradigme de Posner mais utilise des vidéos de personnes réelles montrant des objets de tous les jours dans un environnement quotidien. En gardant à l'esprit cette préoccupation écologique, nous avons non seulement manipulé une condition « regard » dans laquelle le modèle oriente son regard vers la gauche ou la droite, mais également une condition « pointage » dans laquelle le modèle oriente son regard, sa tête et sa main. L'intérêt de développer un tel outil est que le suivi des indices sociaux est une aptitude de bas niveau et que moins de ressources cognitives non sociales devraient être nécessaires pour pouvoir réussir la tâche. Nous proposons donc un outil reposant sur une tâche très simple, qui ne requiert pas d'utiliser le langage verbal, ni d'importantes ressources en mémoire de travail, contrairement à d'autres tests de cognition sociale. Cette tâche a été conçue pour être facile à réaliser, notamment par des enfants d'âge scolaire[34] souffrant de troubles attentionnels. Dans ce manuscrit, l'objectif est d'étalonner et de valider cette tâche chez des enfants âgés de 6 à 10 ans, puisque c'est l'âge au cours duquel les diagnostics et les prises en charge sont souvent mises en place chez les enfants atteints d'un TDAH (Sainsbury et al., 2023 ; Storebø et al., 2019).

[34] Une version de l'outil plus longue et avec des essais neutres (au lieu de congruents) existe pour les adultes. Elle est développée à l'origine pour les adultes souffrant d'une négligence spatiale unilatérale.

3.3. Développement d'un test neuropsychologique

3.3.1. Calcul des données normatives

Un test neuropsychologique permet d'obtenir une estimation quantitative de la fonction cognitive évaluée. Après avoir réalisé un test, le neuropsychologue obtient des résultats sous forme de scores bruts, ne permettant ni une comparaison entre les tests ni de déterminer à quel point le patient obtient une « bonne » ou « mauvaise » performance par rapport à ce qui est attendu compte-tenu de ses caractéristiques (e.g., âge, sexe). Les scores bruts sont donc transformés en scores standardisés pour permettre à la fois la comparaison avec la population générale et la comparaison entre tests. **L'étalonnage** est l'étape dans le développement d'un test qui permet de recueillir les paramètres statistiques (e.g., la moyenne et l'écart-type) d'un échantillon de normalisation, afin de pouvoir ensuite comparer les résultats du patient aux scores de cet échantillon. Plus concrètement, dans cette étape, des chercheurs font passer le test neuropsychologique en question à un groupe de personnes représentatif de la population générale (i.e., l'échantillon de normalisation). En neuropsychologie clinique, l'échantillon de normalisation ne présente souvent pas de troubles neurologiques ou psychiatriques. Une fois l'étalonnage réalisé, on obtient la distribution des scores de l'échantillon. Pour bien choisir les paramètres statistiques à utiliser, il est essentiel de s'interroger sur la nature de ces distributions.

Lorsque la distribution des scores suit une loi normale[35] ou le degré de déviation par rapport à la norme est acceptable, le calcul d'un **z-score** peut être envisagé (Colombo et al., 2016). Pour le calculer, les approches traditionnelles utilisent la formule suivante :

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

Dans l'équation ci-dessous, X est le score du patient au test, μ représente la moyenne calculée dans l'échantillon de normalisation et σ correspond à l'écart type du même échantillon. Le z-score (Z) se base sur la distribution normale des scores de l'échantillon de référence et indique à quel point le patient s'éloigne de la moyenne de la population générale. On peut conclure à des performances au-dessus de la moyenne de la population générale lorsque le z-score est

[35] La loi normale est une loi de probabilité très utilisée en statistiques pour étudier des phénomènes naturels issus d'événements aléatoires. Sa densité de probabilité est représentée par une courbe dite « de Gauss », qui correspond à une distribution symétrique, en forme de cloche et centrée sur la moyenne.

supérieur à 0 et en-dessous lorsqu'il est inférieur à 0. En pratique clinique, les z-scores de -1,65 ou +1,65 sont généralement les seuils utilisés pour considérer qu'une performance s'écarte significativement de la norme, car elles correspondent à des performances retrouvées dans 5 % ou moins de la population (Amieva et al., 2011 ; Colombo et al., 2016).

L'approche présentée pour calculer les z-scores est celle qui est couramment utilisée en pratique clinique. Cependant, il convient de noter que cette approche présente des limites, en particulier lorsque des modifications liées à l'âge doivent être prises en compte, comme c'est le cas chez l'enfant. En effet, lorsque des effets de l'âge et du sexe sur les scores de l'échantillon d'étalonnage sont objectivés, l'approche traditionnelle manque de précision. L'échantillon de normalisation doit être divisé en groupes d'âge et de sexe, pour que le score du patient puisse être comparé à un groupe d'individus de même sexe et d'âge similaire. Par exemple, si un test neuropsychologique est étalonné chez des enfants de 8 à 11 ans et des différences significatives sont observées entre les enfants de 8 ans et de 9 ans et entre les enfants de 9 ans et ceux de 11 ans, il faudra créer trois catégories d'âges distinctes. Cela signifie qu'un patient de 9 ans et 1 mois devra être comparé à la moyenne et l'écart-type du groupe de 9 ans (i.e., enfants compris entre 9 ans et 0 mois et 9 ans, 11 mois et 30 jours). Cette division en catégories pose plusieurs problèmes. Tout d'abord, elle implique qu'un patient de 9 ans et 1 mois et un autre de 9 ans et 11 mois seront tous les deux comparés au groupe d'enfants de 9 ans, ce qui ne permet pas de prendre en compte certaines modifications développementales qui peuvent se produire de manière continue pendant ces mois. Afin de remédier à ce problème, il est nécessaire de créer des catégories d'âge avec des écarts de mois très étroits. Cependant, la création de catégories peut réduire considérablement le nombre de participants inclus dans l'échantillon normatif, ce qui diminue la précision des données recueillies et, par conséquent, la fiabilité du diagnostic.

Récemment, des méthodes linéaires corrigées pour l'âge et/ou le sexe ont été adoptées, de sorte que les z-scores calculés indiquent mieux si un score est en dehors de ce qui est attendu. Cette méthode donne des résultats plus robustes que la méthode traditionnelle, parce qu'elle conduit à un modèle uniforme pour tout l'échantillon en évitant les catégories de groupes d'âge (Berres et al., 2000 ; Weintraub et al., 2018). Cette nouvelle approche nécessite toutefois une relation linéaire entre l'âge et les performances neuropsychologiques de l'échantillon de normalisation (Kornak et al., 2019).

La formule utilisée pour calculer un z-score corrigé pour l'âge est la suivante :

$$Z = \frac{Valeur\ observée - Valeur\ prédite}{RMSE}$$

Dans la formule ci-dessous :

- ***La valeur observée*** est le score brut du patient.
- ***La valeur prédite*** est le score moyen prédit de la population. Pour calculer cette valeur, nous avons besoin de l'ordonnée à l'origine, du coefficient de régression et de l'âge du patient. La formule utilisée est la suivante :

$$Valeur\ prédite = Intercept + coefficient\ de\ régression\ de\ l'âge\ x\ Âge$$

- ***Le RMSE*** est l'erreur quadratique moyenne de l'équation de régression. En d'autres termes, il s'agit de la racine carrée des différences moyennes au carré entre les scores observés et prédits.

L'ordonnée à l'origine (i.e., intercept), les coefficients de régression et les erreurs quadratiques moyens (i.e., RMSE) résultent des analyses de régression réalisées sur la distribution de scores de l'échantillon de normalisation avec l'âge comme prédicteur. Comme nous pouvons le constater, le calcul du z-score avec cette approche est certainement plus complexe. Cependant, des chercheurs ont commencé à utiliser cette approche en développant des outils rapides de calcul permettant de donner le z-score très rapidement, notamment dans la maladie d'Alzheimer (Shirk et al., 2011 ; Weintraub et al., 2018).

Lorsque la distribution des scores de l'échantillon normatif ne suit pas une distribution normale, il est plus approprié d'utiliser des normes calculées en **centiles**, car ils correspondent à une approche non paramétrique. Les centiles représentent les 99 valeurs qui séparent une distribution en 100 intervalles égales contenant chacune environ 1 % des données. Une « bonne » ou « mauvaise » performance à un test est déterminée par le degré de rareté des performances dans la population générale. En effet, le rang percentile indique la proportion de scores bruts de la population qui sont inférieurs ou égaux au score observé. En France, le rang percentile 5, qui correspond à un z-score de -1,65, est souvent utilisé comme seuil pour considérer une performance significativement éloignée de la norme (Colombo et al., 2016). En d'autres termes, le résultat à un test neuropsychologique est considéré comme « hors norme » si 5 % de la population présente un score inférieur ou égal à celui du patient.

3.3.2. Critères psychométriques

Le développement d'un test neuropsychologique nécessite de s'intéresser à ses aspects psychométriques, afin de proposer un diagnostic fiable. En 1921, Buckingham et ses collaborateurs ont suggéré que « deux des problèmes de mesure les plus importants sont ceux liés à la détermination de ce qu'un test mesure et de la cohérence avec laquelle il mesure. Le premier devrait s'appeler le problème de validité, le second, le problème de fidélité » (p. 80 ; cité dans Newton & Shaw, 2013). Plus récemment, dans la dernière version des « Standards for Educational and Psychological Testing », publiée en 2014, les auteurs ont également souligné l'importance de prendre en compte la validité et la fidélité lors du développement de tests psychologiques (AERA, 2014). Selon les auteurs, des conclusions cliniques ne devraient pas être établies sur la base des scores à un test si ce dernier ne présente pas de bons critères de validité et de fidélité. En plus de ces deux critères, lors de l'utilisation d'un test, il est recommandé de vérifier sa sensibilité (Houillon & Vanwalleghem, 2017).

La sensibilité désigne la capacité d'un test à discriminer finement les sujets, c'est-à-dire à détecter les vrais positifs. La sensibilité est en lien avec la notion de **spécificité**, qui désigne la capacité d'un test à détecter des vrais négatifs. Par exemple, en médecine, un test avec une bonne sensibilité permet de détecter facilement les personnes atteintes d'une maladie, alors qu'une bonne spécificité permet d'identifier celles qui ne le sont pas (Christe, 2017). Ainsi, un test neuropsychologique est sensible lorsqu'il permet d'identifier un maximum de personnes rencontrant une difficulté particulière (e.g., attentionnelle), tout en évitant un nombre élevé de faux positifs (e.g., détecter une difficulté attentionnelle chez une personne qui n'en a pas). Afin de pouvoir discriminer les individus en utilisant un test, il convient de choisir des items qui ne sont ni très simples, ni très complexes. En effet, un test contenant des items très difficiles peut être à l'origine d'un « effet plancher » (i.e., score faible chez tous les individus), alors qu'un test avec des items simples peut conduire à un « effet plafond » (i.e., score élevé chez tous les individus ; Houillon & Vanwalleghem, 2017).

La validité représente la ressemblance entre ce que l'on veut mesurer et ce que mesure véritablement le test. En d'autres termes, un test est valide s'il mesure ce qu'il est sensé mesurer (Ruch, 1924). Plusieurs critères existent pour évaluer la validité d'un test (André et al., 2015). En premier lieu, **la validité de contenu**, comme son nom l'indique, repose sur la pertinence et la représentativité des items du test par rapport à ce qu'il est censé mesurer (Kaplan & Saccuzzo, 2012). Ce critère doit être établi en définissant les éléments à inclure dans le test sur la base

d'un modèle théorique et de résultats empiriques (Colombo et al., 2016). En second lieu**, la validité de construit** (ou validité conceptuelle) consiste à rassembler des preuves de ce que le test mesure réellement. Cela peut être effectué notamment en montrant la relation entre le score du test et d'autres mesures. Deux types de validité distinctes sont souvent définies : la validité convergente, qui permet de montrer que le score du test produit les mêmes résultats qu'une autre mesure du même construit et, la validité divergente, qui permet de montrer que le score du test produit des résultats différents que d'autres mesures évaluant des processus qui ne devraient pas être évalués par le test. La validité de construit peut être vérifiée par des experts dans le domaine en s'appuyant sur des modèles théoriques et définitions du concept et en développant un outil pour le mesurer (Kaplan & Saccuzzo, 2012). Ce processus est notamment nécessaire « lorsqu'aucun critère ou univers de contenu n'est accepté comme étant entièrement adéquat pour définir la qualité à mesurer » (Cronbach & Meehl, 1955, p. 176). Enfin, **la validité de critère** (ou validité pragmatique) mesure à quel point le test permet de prédire le comportement d'une personne dans une situation précise. Le test est valide si les résultats sont confirmés par une autre mesure qui évalue la même caractéristique, se situant plutôt dans une approche comportementale. Il existe deux types de validité de critère en fonction de l'intervalle de temps existant entre les deux mesures. Dans la validité concomitante, la deuxième mesure est réalisée pendant la réalisation du test alors que, dans la validité prédictive, la deuxième mesure est réalisée a posteriori. Cette dernière repose sur le lien de prédiction entre le score du test neuropsychologique et la deuxième mesure (André et al., 2015).

La fidélité, quant à elle, fait référence à l'erreur de mesure, c'est-à-dire l'écart entre la mesure réalisée par le test et la performance réelle. Un test qui présente une erreur de mesure très importante est considéré comme ayant une faible fidélité (Kaplan & Saccuzzo, 2012). Plus concrètement, la fidélité représente le degré de consistance des scores ainsi que la stabilité de ces derniers au cours du temps. Ce concept repose notamment sur l'idée qu'un construit peut être mesuré à l'aide de plusieurs items dont les résultats permettent de constituer un ensemble consistant, montrant une stabilité dans différents contextes et moments (Kelley, 1942). Il existe plusieurs moyens d'évaluer la fidélité d'un test, mais les plus utilisés sont ceux du coefficient alpha de Cronbach et de la fidélité test-retest. En premier lieu, **le coefficient alpha de Cronbach** permet d'évaluer la consistance ou cohérence interne. Un test est considéré consistant lorsque tous les items qui le constituent permettent de mesurer le construit en question. Pour évaluer la consistance d'un test, les réponses données par les personnes à chaque item doivent présenter un lien (Rolland, 2006). En second lieu, **la fidélité test-retest** consiste à

administrer le test à deux moments différents dans un intervalle de temps souvent allant d'une semaine à quelques mois. Une fois les tests effectués, le coefficient de corrélation entre les deux séances est calculé, ce qui permet de déterminer si la performance évaluée est stable au cours du temps. En effet, cette caractéristique est primordiale car elle permet de vérifier qu'on évalue un trait et non pas un état (Colombo et al., 2016).

3.3.3. Quelles pratiques en neuropsychologie ?

Comme évoqué préalablement, les tests neuropsychologiques devraient, dans l'idéal, être normés, valides, sensibles et fidèles. Cependant, dans la réalité de terrain, les neuropsychologues n'ont pas toujours à leur disposition des tests répondant à ces critères. Par exemple, Branco Lopes et al. (2021) ont conduit une étude dans laquelle 804 neuropsychologues français ont répondu à des questionnaires en ligne concernant leur pratique clinique. Dans cette étude, 69 % des neuropsychologues ont rapporté que l'un des problèmes rencontrés lors de l'évaluation des patients était le manque d'outils normés en France. De plus, 50 % des neuropsychologues ont rapporté des problèmes liés au manque d'outils ayant de bonnes caractéristiques psychométriques (e.g., validité, fidélité). Dans un état des lieux des recherches sur les fonctions exécutives chez l'enfant, Roy (2015) souligne que, malgré la multiplication des tests évaluant les fonctions exécutives en France au cours des dernières années, certains tests manquent de validité clinique et d'étalonnages normatifs conséquents. Ces arguments sont également soulignés par Howieson (2019), qui évoque notamment le faible nombre de participants inclus dans l'étalonnage de certaines versions du Stroop (Archibald & Kerns, 1999) ainsi que la faible fidélité entre évaluateurs du test de la Figure de Rey (Osterrieth, 1944 ; Rey, 1941). Dans l'ensemble, nous pouvons conclure que les critères requis lors de l'utilisation de tests ne sont pas toujours respectés en pratique clinique, certainement en raison de la complexité des fonctions cognitives évaluées ainsi que du manque de recherches évaluant les caractéristiques psychométriques des tests. Dans le cadre de la création d'un outil mesurant la capacité de suivi des indices sociaux chez l'enfant, nous développerons une méthodologie basée sur la constitution d'un étalonnage normalisé et permettant la vérification des qualités psychométriques.

Synthèse du Chapitre 3

Évaluer le suivi des indices sociaux dans le TDAH : quel intérêt ?

L'attention conjointe est une aptitude basique de la cognition sociale, qui désigne la capacité à suivre des indices sociaux, tels que le regard, la tête ou les gestes de pointage d'une autre personne, afin d'avoir le même point de référence et de partager des informations. Des études suggèrent que l'attention conjointe est une capacité essentielle pour le développement de la théorie de l'esprit. Pour cette raison, de nombreux chercheurs ont étudié cette capacité à l'aide d'une adaptation du paradigme de Posner (1980), dans laquelle les participants doivent appuyer sur un bouton le plus rapidement possible lorsqu'une cible apparaît au centre de l'écran. Avant l'apparition de la cible, un regard ou une main indiquant le côté d'apparition de la cible (i.e., essai congruent) ou le côté opposé (i.e., essai incongruent) apparaît au centre de l'écran. Les recherches ont montré que les enfants et les adultes sont généralement plus rapides pour détecter la cible dans les essais congruents que dans les essais incongruents. Cet effet est très robuste et a été reproduit de nombreuses fois chez les individus sains. Étant donné l'importance du suivi des indices sociaux dans le développement de la cognition sociale, quelques chercheurs se sont intéressés à cet effet chez les enfants atteints d'un TDAH. Ces derniers ont montré que ces enfants présentent une difficulté à suivre le regard, qui serait en lien avec leurs difficultés sociales au quotidien. Toutefois, tous les enfants atteints d'un TDAH ne rencontrent pas de difficultés sociales, et il serait primordial d'identifier les enfants qui rencontrent des difficultés pour pouvoir adapter leur remédiation cognitive. Le second objectif de cette thèse est donc de développer un outil qui permettrait aux psychologues d'identifier si un enfant donné atteint d'un TDAH suit spontanément les indices sociaux comme le regard, l'orientation de la tête et le pointage du doigt.

Chapitre 4 - Synthèse des objectifs

Cette thèse comporte deux objectifs principaux (cf. Tableau 2, pour une synthèse des étapes de la thèse). Le premier est de réaliser un état des lieux des difficultés de cognition sociale et des compétences sociales au quotidien chez les enfants atteints d'un TDAH au moyen d'une méta-analyse (étude 1 ; Haza, Gosling, et al., 2023). Le deuxième objectif est de développer un test neuropsychologique permettant d'évaluer, chez les enfants souffrant d'un TDAH, une aptitude assez basique de la cognition sociale : le suivi des indices sociaux non-verbaux. Pour cela, nous avons procédé en plusieurs étapes. La première étape consistait à pré-tester l'outil, l'étalonner et tester sa fidélité chez des enfants au développement typique (étude 2 ; Haza, Mersali, et al., 2023). La deuxième étape consistait à tester l'outil chez un groupe d'enfants atteints d'un TDAH (étude 3 ; Haza, Conty, et al., 2023).

La première étude de cette thèse est une revue systématique et une méta-analyse des études préalables sur la cognition sociale (i.e., théorie de l'esprit, empathie, reconnaissance des émotions faciales et non faciales) et les compétences sociales quotidiennes chez les enfants et les adolescents atteints de TDAH. En plus d'étudier si ces compétences sont altérées dans le TDAH, l'objectif était de prendre en compte l'ajustement ou non de certaines variables (e.g., sexe, QI et âge) susceptibles d'entraîner des disparités dans les résultats. De plus, nous avons évalué la qualité méthodologique des études incluses et son impact sur les tailles d'effet. Dans cette méta-analyse, nous avons inclus 142 études uniques, pour un total de 652 tailles d'effet comparant des enfants et des adolescents avec TDAH (n = 7983) à des enfants et des adolescents au développement typique (n = 8300). L'étude a fait l'objet d'un article actuellement soumis à une revue internationale à comité de lecture.

La deuxième étude a été réalisée afin d'étalonner et d'évaluer la fidélité d'un outil d'évaluation du suivi des indices sociaux chez des enfants au développement typique. Cet outil est inspiré du paradigme de Posner (1980) mais utilise des vidéos de personnes réelles montrant des objets de tous les jours dans un environnement quotidien. Suivant l'hypothèse selon laquelle le cumul d'indices sociaux permettrait d'optimiser les mécanismes d'orientation attentionnelle, l'outil évalue deux conditions : une condition dans laquelle seul le regard d'un modèle indique une direction (i.e., condition regard) et une condition dans laquelle le modèle indique une direction à l'aide du regard, de l'orientation de la tête et d'une main qui pointe du doigt (i.e., condition

pointage). Avant d'étalonner l'outil et de tester sa fidélité, un pré-test de plusieurs versions de l'outil a été conduit chez 52 enfants afin de choisir la condition la plus pertinente à laquelle comparer la condition congruente. Ces résultats ne sont pas présentés dans l'article en passe d'être soumis, mais ont été présentés dans l'encadré n°1. Ensuite, l'outil a été étalonné chez 339 enfants âgés de 6 à 10 ans. Ces données nous ont permis d'étudier pour la première fois les effets du sexe et de l'âge sur le suivi des indices sociaux avec un matériel écologique. Afin d'étudier plus précisément la trajectoire développementale du suivi des indices sociaux, un groupe de 37 adultes a été également testé et comparé aux enfants. Ces résultats ne sont pas non plus intégrés dans l'article, mais ont été présentés dans l'encadré n°2. Enfin, afin d'examiner la fidélité de l'outil, celui-ci a été testé à deux reprises (à trois semaines d'intervalle) dans un groupe de 28 enfants supplémentaire.

La troisième étude de cette thèse a pour principal objectif de valider l'outil chez un groupe d'enfants atteints d'un TDAH. Pour cela, nous avons comparé 11 enfants atteints d'un TDAH à un groupe de 22 enfants au développement typique appariés en âge et en sexe et issus de l'échantillon de l'étalonnage. Une fois les groupes comparés, nous avons analysé les profils individuels des enfants atteints d'un TDAH en calculant leurs scores standardisés, grâce aux normes calculées sur l'échantillon de 339 enfants de la deuxième étude. Le nombre d'enfants atteints d'un TDAH souhaité pour cette étude (30 enfants) n'a pas encore été atteint. L'article de cette étude est en cours de préparation et présente les données préliminaires obtenues sur les 11 enfants TDAH qui ont été testés par des neuropsychologues partenaires du projet. Leur retour d'expérience sera pris en compte dans la discussion de cette thèse.

Tableau 2. Représentation des étapes de la thèse avec les objectifs et les participants inclus dans chacune des études. « DT » désigne « développement typique ».

	ÉTUDE 1	**ÉTUDE 2**			**ÉTUDE 3**
	Méta-analyse	**Pré-test**	**Étalonnage**	**Fidélité**	**Validation**
Objectifs	État des lieux de la cognition sociale et des compétences sociales au quotidien dans le TDAH	Comparer différentes versions de l'outil Vérifier la robustesse de l'outil	Étudier l'effet de l'âge et du sexe sur le comportement de suivi des indices sociaux Calculer des normes	Tester la fidélité test-retest de l'outil	Validation de l'outil dans le TDAH avec des analyses de groupe et individuelles
Inclusion	142 études uniques comparant des enfants et adolescents TDAH et au DT	52 enfants au DT âgés de 7 à 9 ans	339 enfants au DT âgés de 6 à 10 ans 37 jeunes adultes sains	28 enfants au DT âgés de 6 à 10 ans	11 enfants TDAH âgés de 6 à 10 ans 22 enfants au DT appariés en âge et en sexe issus de l'étalonnage

Partie expérimentale

Étude 1 - Méta-analyse de la cognition sociale dans le TDAH

1. Objectifs

Le principal objectif de cette étude était de réaliser un état des lieux des difficultés des enfants et des adolescents atteints d'un TDAH dans différents domaines sociaux. Pour cela, nous avons conduit une revue systématique et une méta-analyse qui comporte trois objectifs principaux : (1) explorer les spécificités des enfants et des adolescents atteints d'un TDAH dans différents domaines de la cognition sociale (i.e., théorie de l'esprit, empathie, reconnaissance des émotions faciales et non faciales) et dans les compétences sociales quotidiennes (2) prendre en compte l'ajustement des variables (e.g., l'âge, le sexe, le QI) et (3) évaluer la qualité méthodologique des études incluses et son impact sur la taille des effets.

2. Méthode

La présente méta-analyse a été réalisée conformément aux recommandations internationales actuelles (Higgins et al., 2022 ; PRISMA[36] ; Liberati et al., 2009 ; Page et al., 2021). Une recherche documentaire a été réalisée (cf. Annexe 2 : Stratégies de recherche) par deux chercheurs indépendamment. Elle visait à trouver toutes les études qui comparaient des enfants et des adolescents (d'âge moyen entre 5 et 19 ans) avec un diagnostic de TDAH à des participants sans troubles psychiatriques connus dans un des domaines sociaux (i.e., théorie de l'esprit, empathie, reconnaissance des émotions faciales et non faciales, compétences sociales).

Lors de la recherche documentaire, nous avons identifié un total de 8009 études. Les titres et résumés de ces dernières ont été évalués indépendamment par les deux personnes et ont permis d'identifier 323 études potentiellement éligibles. Ensuite, les versions intégrales de ces études

[36] Pour rappel, *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses.*

ont été cherchées et ont été entièrement lues et évaluées par rapport aux critères d'inclusion[37] et d'exclusion par deux évaluateurs. Lorsque des études n'ont pas été trouvées, les auteurs ont été contactés par mail pour leur demander l'article et/ou les données permettant de calculer des tailles d'effet. Au total, 142 études uniques ont été retenues. Pour chacune, nous avons extrait des données concernant les caractéristiques des participants de chaque groupe (e.g., âge, sexe, scores de QI, comorbidités, sous-type de TDAH, diagnostic, recrutement) et les résultats (e.g., mesures, données permettant de calculer une taille d'effet, covariables). De plus, la qualité méthodologique de chaque étude a été évaluée à l'aide de l'échelle *Newcastle Ottawa Scale—case control studies* (Wells et al., 2000).

3. Analyses

Notre analyse principale visait à examiner les différences entre les enfants atteints de TDAH et au développement typique. Pour cela, les statistiques non ajustées ont été converties en différence moyenne standardisée (g de Hedges) et ont été catégorisées en fonction du construit social évalué[38]. Puisque de nombreuses études comportaient plus d'une taille d'effet (e.g., plusieurs mesures de cognition sociale), des approches permettant de prendre en compte la non-indépendance entre les tailles d'effet ont été utilisées. Ensuite, plusieurs analyses supplémentaires ont été effectuées. En premier lieu, nous avons reproduit notre modèle principal, mais en utilisant des tailles d'effet générées à partir de statistiques ajustées (e.g., la valeur F d'une ANCOVA). En second lieu, nous avons effectué une analyse de sensibilité en excluant les études présentant une « faible » qualité méthodologique[39]. En troisième lieu, nous avons réalisé plusieurs analyses statistiques (e.g., test d'Egger) afin d'estimer la présence d'études de petite taille[40] et nous avons étudié l'effet du type de publication (i.e., article scientifique ou thèse). En quatrième lieu, nous avons évalué l'effet du type d'outil de théorie

[37] Afin d'éviter un biais de publication, nous avons inclus aussi bien des études publiées (i.e., articles scientifiques) que des études non publiées (i.e., thèses et conférences). De plus, aucune restriction n'a été établie en ce qui concerne la langue des études.

[38] Les études identifiées ont fait état d'un large éventail de statistiques permettant d'estimer la taille de l'effet. Pour estimer une taille d'effet, l'outil développé par Gosling et al. (2023) a été utilisé : https://metaconvert.org/.

[39] Nous avons considéré qu'une étude présentait un faible risque de biais (ou faible qualité méthodologique) si elle n'utilisait pas une procédure solide pour le diagnostic du TDAH (e.g., un entretien clinique structuré basé sur les critères du DSM) et/ou si les groupes n'étaient pas appariés pour l'âge et le QI.

[40] Pour rappel, l'effet des études de petites taille (ou small study effect) est évalué pour identifier l'éventuelle présence d'un biais de publication.

de l'esprit utilisé (i.e., questionnaire ou tâche). Enfin, des analyses de méta-régression[41] ont été effectuées pour explorer l'effet de certains facteurs susceptibles d'avoir un impact sur la disparité des résultats (i.e., âge, sexe, QI, comorbidités), mais nous n'avons pas présenté ces résultats car nous n'avons identifié aucun modérateur potentiel.

Toutes les données brutes et le script R ont été partagés publiquement et peuvent être consultés sur le lien suivant : https://corentinjgosling.github.io/HAZA_ADHD_SOCIAL_2022/. Tout le matériel supplémentaire est également disponible sur ce lien, sauf les matériels supplémentaires 1 et 2, qui peuvent être trouvés dans les annexes (cf. Annexe 2 : Stratégies de recherche ; Annexe 3 : Checklist PRISMA).

4. Résultats principaux

Les 142 études uniques, qui intégraient 152 échantillons indépendants (17983 enfants et adolescents avec TDAH et 83000 au développement typique), ont permis de générer un total de 652 tailles d'effet, évaluant les différences entre les groupes dans les cinq domaines sociaux. Les résultats suggèrent que les différences entre les groupes dans les domaines de la théorie de l'esprit, de la reconnaissance des émotions faciales et des compétences sociales étaient modérées à très importantes. Bien que nous ayons également constaté des différences faibles à modérées en empathie et en reconnaissance des émotions non faciales, ces dernières n'étaient pas significatives. Ce résultat est toutefois limité par le faible nombre d'études. L'ensemble de ces résultats étaient similaires lorsque l'on a considéré les tailles d'effet ajustées et non ajustées et lorsqu'on a exclu les études de faible qualité méthodologique

5. Conclusion

Nos résultats suggèrent que les enfants et les adolescents atteints d'un TDAH présentent des déficits dans la cognition sociale (i.e., théorie de l'esprit et reconnaissance des émotions faciales) et les compétences sociales quotidiennes. Ces résultats soulignent l'importance d'évaluer leur fonctionnement social, afin de fournir des soins psychosociaux appropriés.

[41] Dans une méta-analyse, les analyses de méta-régression permettent d'étudier la relation entre différentes caractéristiques des études (e.g., présence de comorbidités chez les participants) et l'estimation de l'effet.

6. Article n°1

L’article ci-dessous a été soumis dans une revue internationale à comité de lecture.

Social Cognition and Everyday Social Skills in Children and Adolescents with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: A Meta-Analysis of Case-Control Studies

Belen Haza[a], Corentin J. Gosling[a,b,c], Flavia Ciminaghi[a], Laurence Conty[a*], Charlotte Pinabiaux[a*]

[a]*Laboratory of Cognitive Functioning and Dysfunctioning (DysCo), Univ Paris Nanterre, F92000 France*
[b]*Laboratory of Psychopathology and Health Process, University of Paris, Boulogne Billancourt, France.*
[c]*Centre for Innovation in Mental Health (CIMH), School of Psychology, Faculty of Environmental and Life Sciences, University of Southampton, Southampton, UK.*
**Co-last authors*

ABSTRACT

Background: Previous studies that have assessed social cognition in Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder (ADHD) have produced inconsistent findings. To summarise these data and shed light upon moderators that may explain observed inconsistencies, we conducted a systematic review and meta-analysis exploring social cognition (Theory of Mind -ToM-, Empathy, Facial and Non-Facial Emotion Recognition) and Everyday Social Skills in children and adolescents with ADHD.

Methods: The current meta-analysis involved 142 studies including 652 effect sizes. These studies compared children and adolescents with ADHD (n = 7983) and with typical development (n = 8300).

Results: Participants with ADHD exhibited moderate to very large deficits in ToM (SMD = 0.84, 95% CI = 0.68-0.99), Facial Emotion Recognition (SMD = 0.63, 95% CI = 0.46-0.81), and Everyday Social Skills (SMD = 1.23, 95% CI = 1.08-1.37). Importantly, the magnitude of these impairments was similar when considering effect sizes adjusted for covariates (e.g., age, sex, or intelligence quotient) and the methodological quality of the studies. Few studies have investigated Empathy and Non-Facial Emotion Recognition, which precludes definitive conclusions.

Conclusions: Children and adolescents with ADHD experience robust impairments in ToM, Facial Emotion Recognition and Everyday Social Skills. Future studies should explore whether these deficits are a consequence of difficulties in other areas of cognition (e.g., executive functioning). We have made all our raw data open access to facilitate the use of the present work by the community (e.g., clinicians looking for tools assessing social impairments, or researchers designing new studies).

Keywords: Meta-Analysis, Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder, Case-Control Studies, Social Cognition, Everyday Social Skills

INTRODUCTION

Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder (ADHD) is a neurodevelopmental disorder characterised by inappropriate levels of inattention and/or hyperactivity-impulsivity. ADHD is one of the most common mental disorders in children and adolescents, with a worldwide estimated prevalence of 5% (Polanczyk et al., 2007). A growing number of studies report that children with ADHD have difficulties in social functioning (Hoza, 2007; McQuade & Hoza, 2008; Nijmeijer et al., 2008; Nixon, 2001; Ros & Graziano, 2017). They may show relational difficulties with family members (Harpin, 2005), teaching staff (Ewe, 2019) and/or peers (Gardner & Gerdes, 2015; Hoza, 2007; Hoza et al., 2005; McQuade & Hoza, 2008), which can contribute to long-term negative outcomes, such as anxiety or even delinquency (Greene et al., 1997; Mrug et al., 2012). Consequently, interventions focusing on social skills are frequently proposed to children and adolescents with ADHD (e.g., Storebø et al., 2019). However, many determinants can contribute to impairments in everyday social interactions, and it is not clear which ones are impaired in ADHD (McQuade & Hoza, 2008). We thus conducted a meta-analysis to explore specificities of social functioning in children and adolescents with ADHD compared with typical development.

Social cognition is a broad domain composed of several cognitive functions that allow individuals to process social information and interact with others (Beer & Ochsner, 2006; Happé & Conway, 2016; Scourfield et al., 1999). These functions include theory of mind (ToM), empathy and emotion recognition (Uekermann et al., 2010). ToM can be defined as the ability to attribute mental states to others, in order to explain and predict behaviours (Gallagher & Frith, 2003; Singer, 2006). Affective ToM is described as the understanding of others' emotions, whereas cognitive ToM refers to the understanding of others' beliefs, thoughts, and intentions (Henry et al., 2016). Like ToM, empathy can be divided into affective and cognitive components. While affective empathy refers to the ability to feel an appropriate emotion in response to another person's mental state, cognitive empathy requires the understanding of others' feelings and overlaps with affective ToM (Baron-Cohen, 2011; Baron-Cohen & Wheelwright, 2004; Henry et al., 2016). Emotion recognition can be defined as the ability to identify emotions in facial expressions and other communication cues, such as voice and body position (Graziano & Garcia, 2016; Regenbogen et al., 2012). While many studies have shown that children with ADHD experience difficulties in ToM (Berenguer et al., 2018; Bolat et al., 2016; Demirci & Erdogan, 2016; Maoz et al., 2019; Mary et al., 2016; Özbaran et al., 2018; Şahin et al., 2018), empathy (Braaten & Rosén, 2000; Demirci et al., 2016; Maoz et al., 2019)

and emotion recognition (Aspan et al., 2014; Boakes et al., 2007; Da Fonseca et al., 2009; Parke et al., 2021; Pelc et al., 2006; Williams et al., 2008), many others reported small differences between groups (Airdrie et al., 2018; Berggren et al., 2016; Charman et al., 2001; Greenbaum et al., 2009; Gumustas et al., 2017; Günay Ay & Kılıç, 2019; Noordermeer et al., 2020; Pitzianti et al., 2017; Schwenck et al., 2013; Yang et al., 2009). The evidence regarding the profile of social cognitive deficits is therefore limited and it is not yet clear which functions are impaired in children and adolescents with ADHD.

Given the inconsistencies in the literature, Bora and Pantelis (2016) conducted a meta-analysis exploring ToM and emotion recognition abilities in individuals with ADHD compared with typical development. Results showed that both abilities were significantly impaired in ADHD. However, the authors did not examine effect sizes adjusted for potential confounders (e.g., age, sex, Intelligent Quotient -IQ-) nor the methodological quality of the included studies, although these variables might explain the disparity in previous results. We thus aimed to compare social functioning of children with ADHD with that of children with typical development by examining adjusted and unadjusted variables separately. We also assessed the methodological quality of the included studies to investigate its impact on reported effects.

Although studies assessing empathy in ADHD reported inconsistent results, no meta-analysis has explored the specificities of individuals with ADHD on this construct. One of the reasons that may explain this gap in the literature lie in the lack of consensus regarding differences between ToM and empathy (Happé et al., 2017). For example, some authors have considered tools assessing affective ToM or cognitive empathy as theory of mind measures (Çiray et al., 2022; Downs & Smith, 2004; Özbaran et al., 2018) and others as empathy measures (Demurie et al., 2011; Dyck et al., 2001; Maoz et al., 2019). Yet, robust and more recent evidence from clinical and neuroimaging studies suggests that empathy (i.e., affective component) and ToM (i.e., cognitive and affective components) are distinct (Happé et al., 2017; Schurz et al., 2021; Singer, 2006), and that one function may be impaired while the other remains intact (e.g., individuals with ASD; Bird et al., 2010; White et al., 2009). Thus, following these works, in the current meta-analysis, we separated ToM (i.e., cognitive and affective components) from empathy (i.e., affective component). We also separately investigated facial and non-facial emotion recognition, in line with recent frameworks that highlight the importance of distinguishing these two components in social cognition (e.g., Research Domain Criteria categorization; Insel et al., 2010; Sanislow et al., 2010).

Compared with mixed evidence regarding social cognition, a substantial number of studies show that children with ADHD experience important deficits in their daily social behaviours (using auto- or hetero-reports; Berenguer et al., 2018; Blackman et al., 2005; Charman et al., 2001; Greenbaum et al., 2009; McQuade et al., 2014). Such evaluations of daily social skills do not necessarily target specific processes of social cognition but provide important information for researchers and clinicians on the severity of social impairments in daily life. This is particularly important as it is well-known that neuropsychological tasks yield different conclusions than personal or collateral reports (Barkley & Fischer, 2011; Barkley & Murphy, 2011), notably in the social domain (Charman et al., 2001). Therefore, as a comparison measure, we included Everyday Social Skills (i.e., self, parent, teacher, or clinician report about children's social skills) as an outcome in our meta-analysis.

The goal of the current systematic review and meta-analysis is threefold: (1) to explore specificities of children and adolescents with ADHD in social cognition (i.e., ToM, Empathy, Facial and Non-Facial Emotion Recognition) and Everyday Social Skills; (2) to consider the adjustment for potential confounders; and (3) to assess the methodological quality of the included studies and investigate its impact on studies' results.

METHOD

The present meta-analysis was performed and reported according to current international recommendations (Higgins et al., 2022; Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analyses statement, PRISMA; Liberati et al., 2009; Page et al., 2021). The PRISMA checklist is presented in Supplementary Table 1 and the a priori protocol of this meta-analysis can be found in PROSPERO (ID: CRD42021249191). Supplementary Material 1 and 2 are available online and Supplementary Material 3-9 can be found at the following link: https://corentinjgosling.github.io/HAZA_ADHD_SOCIAL_2022/.

Search strategy

A systematic literature search was conducted on MEDLINE, PsycINFO and Embase using terms related to the following constructs: ADHD and children/adolescents and social functioning. Free and controlled vocabulary was adapted for each of these databases (for search strategies, see Supplementary Table 2). Two reviewers searched independently to identify

relevant studies. References of selected studies and review articles were screened to find additional studies.

Eligibility criteria

The inclusion criteria were studies that (1) employed a case-control design; (2) included children and adolescents with a clinical diagnosis of ADHD in accordance with international classifications (e.g., DSM, ICD) and compared them to participants with no known psychiatric disorders; (3) included participants with an average age ranging from 5 to 19 years old; and (4) included at least one outcome assessing social functioning, as defined below.

No restrictions were applied on language, publication period or publication type (e.g., scientific article, poster, master/PhD dissertation). Studies in which participants with ADHD had comorbid disorders were not excluded (for more details about the excluded studies, see Supplementary Table 3). Authors were contacted for further information when the data reported were insufficient to calculate an effect size quantifying differences between children with ADHD and those with typical development (Bean, 2013; Coutinho et al., 2021; Deschamps et al., 2015; Lázaro et al., 2019; Manteris, 2011; Tehrani-Doost et al., 2017; Temeltürk et al., 2023).

Outcome measures

We included studies that assessed at least one of the five following outcomes: (1) ToM; (2) Empathy; (3) Facial Emotion Recognition; (4) Non-Facial Emotion Recognition; and (5) Everyday Social Skills. ToM and Empathy included paradigm and report tools, Facial and Non-Facial Emotion Recognition included only paradigm tools, and Everyday Social Skills included only scales filled in by parents, teachers, children or a professional. Non-Facial Emotion Recognition was not included in our a priori protocol. We decided to add it as an outcome in our meta-analysis for exploratory purposes. For more details about our categorization of measures, see Supplementary Table 4.

Study selection and data extraction

Titles and abstracts identified during systematic searches were assessed independently by the two reviewers to identify potentially eligible studies. The full text versions of potentially

eligible articles were assessed independently against inclusion and exclusion criteria by two reviewers. Any conflicts were resolved by the other authors.

The following study-level data were extracted independently by the two reviewers from each of the included studies (when available): first author, year of publication, number of participants in each group, mean age (or age range, if not reported), number of girls and IQ score in each group, diagnostic procedure, percentage of each ADHD subtype, presence or absence of comorbidities in the ADHD group, recruitment procedure of the participants in each group, assessments, data allowing to estimate an effect size quantifying differences between children with ADHD and with typical development (see statistical analyses for more details) and list of covariates when authors reported adjusted statistics.

Risk of bias

To evaluate the methodological quality of the included studies, risks of bias were assessed with the Newcastle Ottawa Scale—case control studies (Wells et al., 2000), independently by two reviewers. A larger score on this scale was associated with a better methodological quality.

Statistical analyses

All analyses were conducted in the R environment (version 4.1.1) using the metaumbrella, esc, compute.es, metafor, clubSandwich, robumeta and ggplot2 packages.

Identified studies reported a wide range of statistics allowing to estimate an effect size. Authors alternatively reported (1) raw means, and either standard deviations, standard errors or 95% confidence intervals of the two groups; (2) effect sizes quantifying the difference between the two groups (e.g., standardized mean difference and partial eta-squared); (3) t-values from Student's t-tests comparing the two groups; (4) F-values from one-way ANOVAs comparing the two groups; (5) minimum, median, and maximum values of the two groups; (6) first quartile, median, and third quartile of the two groups; (7) odds ratio and chi-square values comparing the two groups on a binary outcome (e.g., success or failure) and; (8) F-values from ANCOVAs comparing the two groups while controlling for various potentially confounding variables. When authors provided none of these statistics but provided an informative plot (e.g., a bar plot displaying the means and standard errors of the two groups), the information needed to compute an effect size was extracted directly from the plot (using WebplotDigitizer; Drevon et al., 2017; Moeyaert et al., 2016; Rohatgi, 2022). Data extraction from plots was systematically performed in duplicate, and values were averaged across raters. To convert all the input statistics into

standardised mean differences (Hedges' g, SMD), we used the metaConvert tool (Gosling, Cortese, et al., 2023). Importantly, we chose that a larger SMD would represent lower performances/more difficulties for children with ADHD than children with typical development.

Our main analysis sought to examine differences in social functioning between children and adolescents with ADHD and children with typical development. To do so, all the effect sizes were categorized according to the combination of the outcome assessed (ToM vs. Empathy vs. Facial Emotion Recognition vs. Non-facial Emotion Recognition vs. Everyday Social Skills). Many studies included more than one effect size, because of multiple outcome measures, or inclusion of several subgroups within the same study. To account for non-independence between effect sizes, we employed two approaches. Effect sizes coming from multiple subgroups were first aggregated according to the procedure described by Borenstein et al. (2009). Dependent effect sizes coming from either multiple outcomes or reporting of both raw and adjusted effect sizes were handled by running a random-effects multivariate meta-analysis using the R packages metafor and clubSandwich (model known as subgroup correlated effects; Pustejovsky & Tipton, 2022). Because this model requires the full variance-covariance matrix to be known, we imputed it using the clubSandwich package. We assumed a mean correlation of r = .80 between all effect sizes coming from the same study. We clustered the standard errors at the study-level and we used a restricted maximum likelihood estimator. We ran a model with a diagonal variance structure (the inspection of the profile likelihood plot did not suggest large overparameterization). This model allowed estimating heterogeneity indicators (tau-squared and I^2 statistics) for each combination of outcome.

We conducted several additional analyses. First, we replicated our primary model but using effect sizes generated from adjusted statistics (e.g., adjusted Cohen's d or F-value from an ANCOVA). We did not restrict the set of covariates to specific variables (e.g., demographic variables or IQ). Second, we conducted a sensitivity analysis restricted to studies at "low" risk for bias (i.e., better methodological quality). We considered a study as at low risk for bias if (1) it used a sound procedure for the diagnosis of ADHD (e.g., a structured clinical interview based on DSM criteria) and (2) the groups were matched for age and/or IQ. Then, we estimated the presence of small-study effects using Nakagawa et al. (2022) and PET-PEESE (Stanley & Doucouliagos, 2014) methods, and using the Egger's funnel plot asymmetry test (Egger et al., 1997) independently for each outcome (using the metaumbrella R package, Gosling, Solanes,

et al., 2023). In addition, we assessed the effect of the type of publication (scientific article vs. dissertation). Last, we assessed the effect of the type of tool used (paradigm vs. report) only for ToM, because it was the only outcome that included paradigm and report tools in more than 15 studies. It should be noted that several meta-regressions were conducted but did not reveal important moderators. We did not report the results of these analyses for parsimony.

Data and code availability

Code supporting data analysis, raw data and full results are publicly shared (https://corentinjgosling.github.io/HAZA_ADHD_SOCIAL_2022/).

RESULTS

Search results and characteristics of the studies

The initial search yielded 8002 results and 249 full texts were reviewed. Overall, 142 unique studies, including 152 independent samples (7983 children and adolescents with ADHD and 8300 children and adolescents with typical development), were included in the meta-analysis. Figure 1 depicts the search flow diagram, Supplementary Table 5 presents the characteristics for the included studies and Supplementary Table 3 the reasons for exclusions for each study.

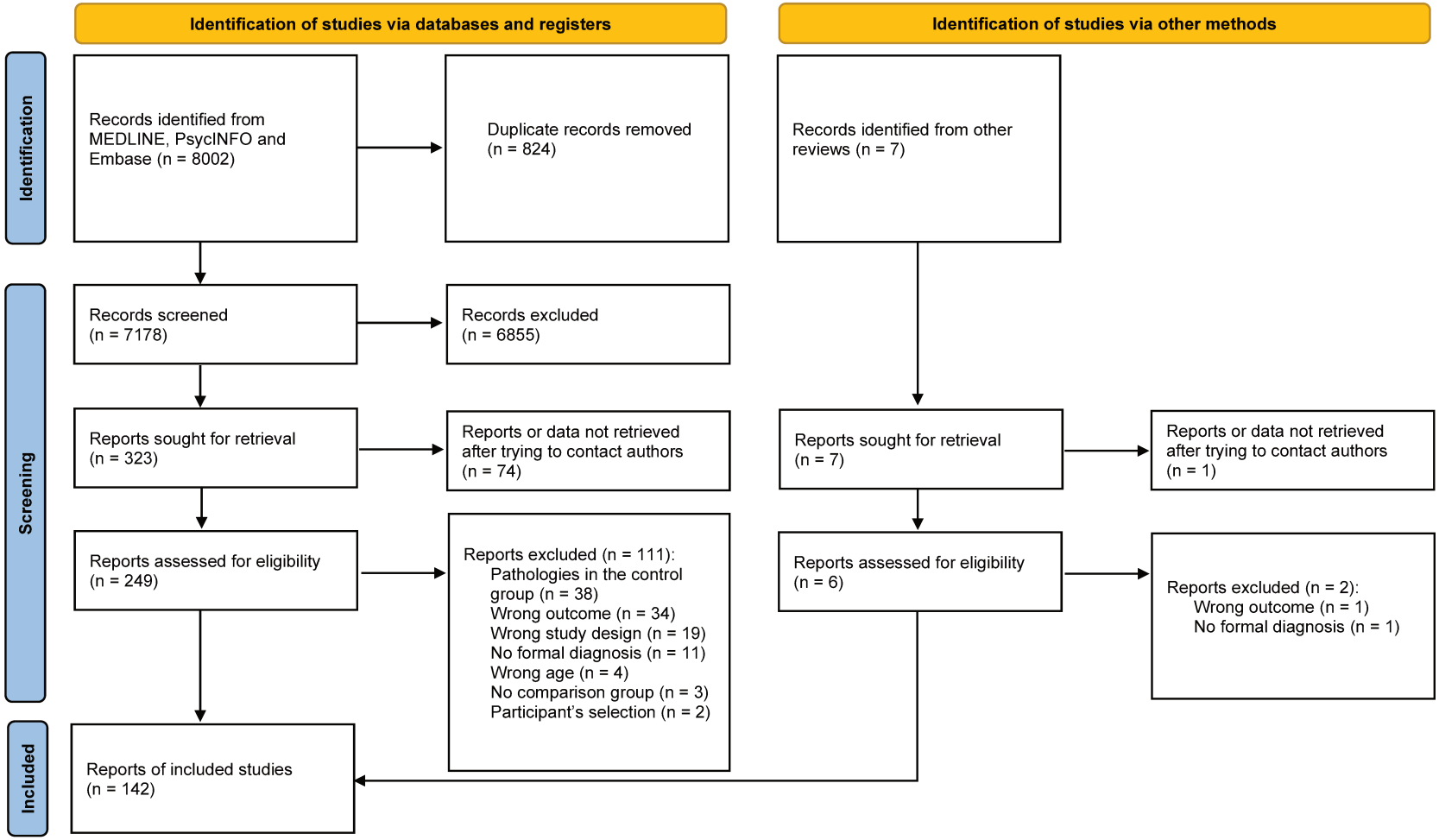

Figure 1. Flow diagram of study selection, as specified by the PRISMA statement (Page et al., 2021).

The 142 included studies (reported in 127 scientific articles, 12 dissertations and 3 posters) generated a total of 652 effect sizes, assessing group differences about ToM (k Unadjusted = 49; k Adjusted = 8), Empathy (k Unadjusted = 12; k Adjusted = 3), Facial Emotion Recognition (k Unadjusted = 42; k Adjusted = 7), Non-Facial Emotion Recognition (k Unadjusted = 8; k Adjusted = 2) and Everyday Social Skills (k Unadjusted = 82; k Adjusted = 9). Table 1 and Supplementary Results 6 depict the number of studies, participants and effect sizes included.

Table 1. Number of studies, effect sizes and participants for each adjusted and unadjusted outcome.

Outcome	Adjustment of effect sizes	Number of studies (Number of effect sizes)	Number of participants	
			ADHD	Typical development
ToM	Unadjusted	49 (161)	2284	2165
	Adjusted	8 (19)	258	290
Empathy	Unadjusted	12 (25)	436	480
	Adjusted	3 (6)	71	80
Facial Emotion Recognition	Unadjusted	42 (168)	1712	1657
	Adjusted	7 (20)	442	571
Non-Facial Emotion Recognition	Unadjusted	8 (25)	381	326
	Adjusted	2 (3)	141	254
Everyday Social Skills	Unadjusted	82 (209)	5570	5200
	Adjusted	9 (16)	607	519

Main analyses

As shown in Figure 2 and in Supplementary Results 7 and 8, results pooling unadjusted effect sizes showed that children with typical development performed better than children with ADHD on the five social outcomes: (1) ToM: SMD = 0.84, 95% CI = 0.68-0.99, $p < .001$; (2) Empathy: SMD = 0.56, 95% CI = 0.10-1.03, $p = .18$; (3) Facial Emotion Recognition: SMD = 0.63, 95% CI = 0.46-0.81, $p < .001$; (4) Non-Facial Emotion Recognition: SMD = 0.31, 95% CI = 0.02-0.60, $p = .32$; and (5) Everyday Social Skills: SMD = 1.23, 95% CI = 1.08-1.37, $p < .001$. We showed moderate – but no statistically significant - pooled effect sizes for Empathy and Non-Facial Emotion Recognition. However, the number of studies was small ($k < 12$).

The tau^2 and I^2 values for each of the comparisons tended to indicate the presence of a high heterogeneity for all outcomes: (1) ToM: $I^2 = 81.74\%$, $tau^2 = 0.23$; (2) Empathy: $I^2 = 89.36$; $tau^2 = 0.46$; (3) Facial Emotion Recognition: $I^2 = 83.45$; $tau^2 = 0.25$; (4) Non-Facial Emotion Recognition: $I^2 = 63.55$, $tau^2 = 0.07$; and (5) Everyday Social Skills: $I^2 = 91.23$, $tau^2 = 0.38$.

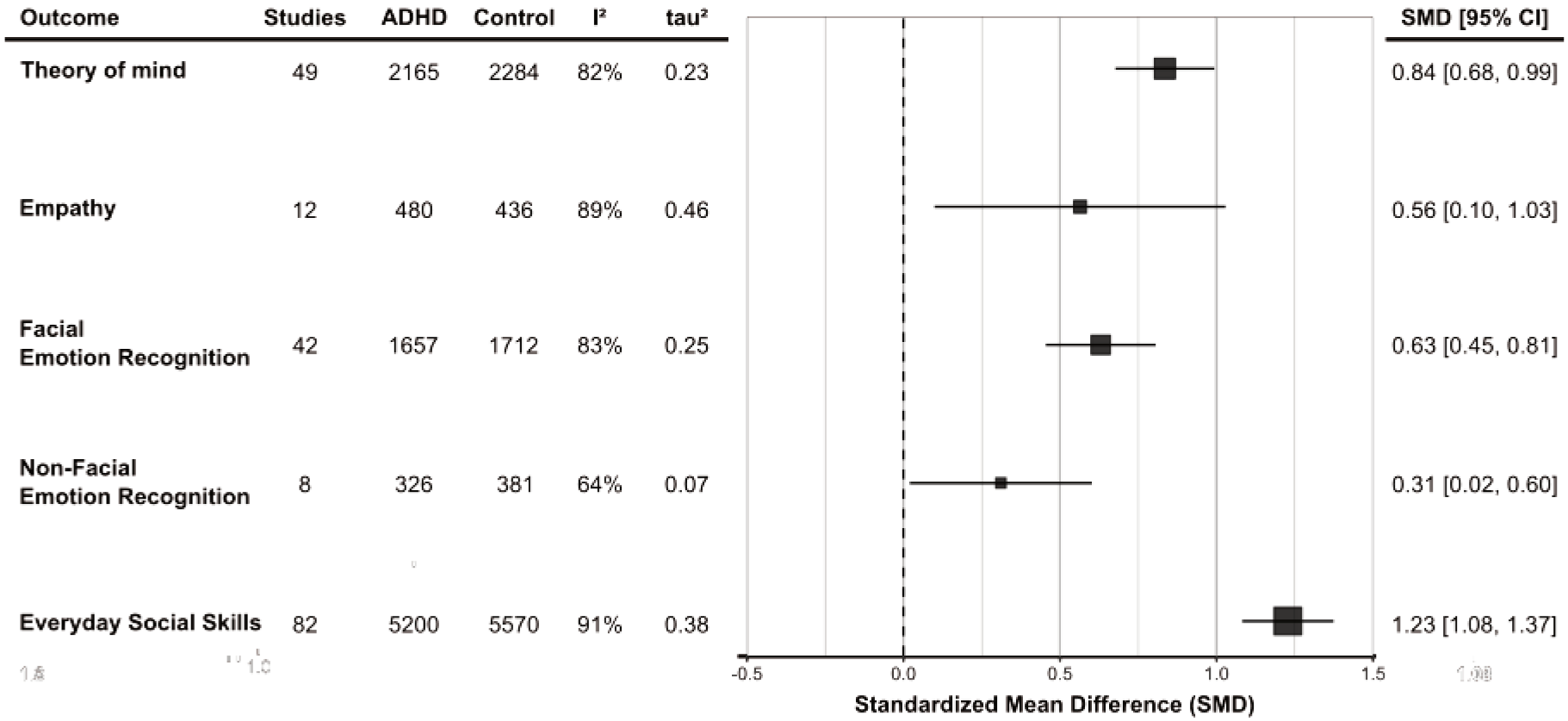

Figure 2. Forest plot of the five unadjusted outcomes (Theory of Mind, Empathy, Facial Emotion Recognition, Non-Facial Emotion Recognition and Everyday Social Sills). For each outcome, we provided the following information: the number of included studies, the number of participants in the ADHD and control groups, and the heterogeneity indicators (I^2 statistics and tau-squared). We also indicated the Standardized Mean Differences (SMD) comparing children in the ADHD and control groups, along with their corresponding 95% confidence intervals (95% CI).

Additional analyses

Confirmation of the main results using other statistical approaches

Our main analyses were replicated using two different statistical approaches. First, we aggregated all dependent effect sizes using the procedures described in Borenstein et al. (2009). Second, we accounted for dependency between effect sizes using the robust variance estimation (RVE) approach (Fisher & Tipton, 2015; Hedges et al., 2010). As shown in Supplementary Results 9.1, all statistical approaches yielded similar results.

Adjustment for covariates

When pooling effect sizes adjusted for covariates, results were similar than when they were not adjusted: (1) ToM: SMD = 0.85, SE = 0.15, $p < .001$; (2) Empathy: SMD = 0.70, SE = 0.43, $p = 0.24$; (3) Facial Emotion Recognition: SMD = 0.53, SE = 0.21, $p < .05$; (4) Non-Facial Emotion Recognition: SMD = 0.17, SE = 0.03, $p = .11$; and (5) Everyday Social Skills: SMD = 1.42, SE = 0.20, $p < .001$. For more details, see Supplementary Results 9.4.

Risk of bias

We found that 14.08% of the included studies gave very little information about the diagnosis. Moreover, 53.52% of the included studies did not control for age and/or IQ by using matching procedures. Indeed, 45.77% of the studies included matching procedures for age, but only 11.97% used matching procedures for IQ. Overall, 59.16% of the studies were excluded from this analysis because they were considered to have a high risk of bias (i.e., they gave very little information about the diagnosis procedure and/or they did not use matching procedures for age and IQ). As shown in Supplementary Results 9.6, results were similar to our main results when excluding studies with high risk of bias: (1) ToM: SMD = 0.90, SE = 0.13, $p < .001$; (2) Empathy: SMD = 0.81, SE = 0.46, $p = .15$; (3) Facial Emotion Recognition: SMD = 0.77, SE = 0.15, $p < .001$; (4) Non-Facial Emotion Recognition: SMD = 0.30, SE = 0.21, $p = .29$; and (5) Everyday Social Skills: SMD = 1.39, SE = 0.21, $p < .001$.

Small-study effects

Both Nakagawa et al. (2022) and PET-PEESE (Stanley & Doucouliagos, 2014) approaches showed a statistically significant small-study effect across outcomes ($p < .05$). However, on a more nuanced note, we found that the PhD dissertations yielded effect sizes at least as large as

those from journal articles, in both social cognition outcomes and everyday social skills. For more details about these results, see Supplementary Results 9.2 and 9.3.

Type of tools

The effect of the type of tool used was assessed for ToM. As shown in Supplementary Results 9.5, we found that the type of tool was a probable moderator of group differences in ToM (Paradigm: SMD = 0.78, SE = 0.08; Report: SMD = 1.26, SE = 0.23), although the difference did not reach statistical significance (SMD = 0.48, SE = 0.23, p = .08).

DISCUSSION

The aim of this systematic review and meta-analysis was to quantify the differences of social functioning in children and adolescents with ADHD and with typical development. For the first time, we synthesized group comparisons that were both adjusted and unadjusted for potentially confounding variables, and we assessed the methodological quality of previous studies. Our findings suggest that children with typical development had higher performances on ToM, Facial Emotion Recognition and Everyday Social Skills than children with ADHD. Although we also found higher performances in Empathy and Non-Facial Emotion Recognition, the group differences were not statistically significant. Critically, results were similar when considering adjusted and unadjusted effect sizes and when excluding studies with low methodological quality. Overall, our study allows us to confirm the robustness and importance of the social deficits experienced by children and adolescents with ADHD.

Our meta-analysis shows that differences between children with ADHD and with typical development were significant for Facial, but not Non-Facial Emotion Recognition. This finding suggests that difficulty processing emotions might be specific to facial expressions, which is congruent with atypical face scanning patterns reported in children with ADHD (Airdrie et al., 2018; Muszkat et al., 2015). In addition, our results showed that group differences were significant for ToM, but not Empathy. A possible explanation for this finding is that ToM and Empathy do not require the same cognitive demands. Empathy is considered to be an automatic, spontaneous, and fast response with minimal consciousness. By contrast, ToM is described as a more complex function that requires supplemental attention and cognitive resources (Yu & Chou, 2018), which are precisely reduced in ADHD (Seidman, 2006; Sjöwall et al., 2013; Sjöwall & Thorell, 2022; Willcutt et al., 2005). We conclude that, while Facial Emotion Recognition and ToM are robustly impaired in ADHD, skills in Non-Facial Emotion

Recognition and Empathy are more inconsistent in that condition. However, in our data, the lack of significance might still be explained by the limited number of studies conducted on Non-Facial Emotion Recognition and Empathy. Future studies investigating these domains are needed to support our conclusions.

We showed that Everyday Social Skills present a large effect size. This confirms the view that ADHD is associated with robust difficulties in social functioning (Hoza, 2007; McQuade & Hoza, 2008; Nijmeijer et al., 2008; Nixon, 2001; Ros & Graziano, 2017). In addition, these results highlight the high ecological validity of indirect measures in ADHD (i.e., reports). In line with this view, we showed that paradigm tools assessing ToM tended to produce smaller group differences than reports. Previous works suggest that paradigm tools probably capture less complex information than everyday life situations. For example, Barkley (2015; Barkley & Fischer, 2011; Barkley & Murphy, 2011) showed that rating scales of executive functions better predict adaptive and daily life functioning than neuropsychological tasks. Conclusions about the social functioning of individuals with ADHD may thus vary depending on the methods of assessment used. Our work underlines the need for using different types of tools (e.g., observation, interviews, reports, tests) when assessing social functioning of children with ADHD in clinical practice.

The present systematic review and meta-analysis comes with notable strengths. First, we are the first to synthesize the field of social functioning in children and adolescents with ADHD while considering the methodological quality of the studies and whether confounding variables were accounted for. Other strengths were, for example, the comprehensiveness of our search strategy, leading to the inclusion of both published and unpublished research (i.e., articles, posters, and dissertations), and the methodological rigor of our approach (our protocol was registered a priori, all the selection of studies and data extraction was done in duplicate). Finally, in line with the open-access philosophy, our data analysis R script is publicly available.

Our meta-analysis also reveals several weaknesses in current research on social functioning in ADHD. First, it is noteworthy that our analyses were run on averages of patient characteristics and that the outcomes included in this meta-analysis showed great heterogeneity among participants. It would be an error (i.e., an “ecological bias”) to apply such results to individual profiles (Berlin et al., 2002; Riley et al., 2010). We thus encourage authors of future studies to share individual data to conduct meta-analyses on individual participant data (IPD). Second, our results were limited by the small number of studies including some outcomes (i.e.,

Empathy, Non-Facial Emotion Recognition) and of studies adjusting for covariates (e.g., IQ). Thus, future case control studies must examine social functioning of children and adolescents with ADHD while controlling for IQ and specific neurocognitive functions (e.g., using matching procedures or adjusting for covariates). Third, the diagnosis procedure was often inconsistent. Some studies included children with ADHD who were previously formally diagnosed, while others used interviews, observation, and/or parent or teacher reports in the inclusion procedure. However, we tried to limit the impact of this variable by excluding all studies that presented children with subthreshold symptoms or no formal diagnosis.

Finally, a major question remains unanswered to date: are the social difficulties a direct consequence of ADHD or are they comorbid with other core ADHD symptoms? One may argue that social difficulties are inherent to other cognitive impairments (e.g., attention or executive difficulties; Barkley, 2015; Mary et al., 2016; Sinzig et al., 2008), rather than a specific difficulty in social cognition. We cannot answer this question because only 11.97% of the studies included group comparisons that were performed on samples matched for IQ (and never for specific neurocognitive functions such as executive functions), or rarely accounted for this type of variable using appropriate data analysis procedures (e.g., propensity score matching). Studies exploring the specificity of social difficulties in the field of neurodevelopmental disorders (Gosling, Cartigny, et al., 2023) are still emerging but will bring unique information about the specificity of social functioning in individuals with ADHD in the next few years.

CONCLUSION AND CLINICAL IMPLICATIONS

Our findings show that children and adolescents with ADHD have deficits in ToM, Facial Emotion Recognition and Everyday Social Skills, three domains that warrant clinical attention. These deficits appear when considering both adjusted and unadjusted effect sizes and when excluding studies with low methodological quality. Current research does not point to a robust deficit in Empathy and Non-Facial Emotion Recognition. More studies are needed to delve deeper into this question.

The clinical implications of this meta-analysis include the need to assess the social functioning of children and adolescents with ADHD, in order to provide appropriate psychosocial care. The heterogeneity in previous results suggests that such assessment should include different tools (i.e., standard tests, observation, and reports) and target ToM, Facial Emotion Recognition and Everyday Social Skills. Our data are publicly shared and can be used by clinicians to guide the

choice of tools to assess social functioning in children and adolescents with ADHD, or by researchers to identify pitfalls from previous studies that can be avoided when designing a new study.

CORRESPONDENCE

Belen Haza, Laboratory of Cognitive Functioning and Dysfunctioning (DysCo), Univ Paris Nanterre, F92000 France, E-mail: hazabelen@gmail.com

KEY POINTS

- Previous studies showed mixed results about social cognition impairments in Attention Deficit/Hyperactivity Disorder (ADHD).
- We conducted a meta-analysis including 142 unique studies comparing children and adolescents with ADHD on key components of social cognition and on everyday social skills.
- Large and robust group differences were found on Theory of Mind, Facial Emotion Recognition and Everyday Social Skills. These differences were confirmed when considering effect sizes generated from statistics adjusted for potentially confounding variables (such as sex, age, and IQ), or studies with a high methodological quality.
- All social domains warrant clinical and research attention in children and adolescents with ADHD. It is important for authors of future studies to share their raw data to enable meta-analyses on individual participant data.

ACKNOWLEDGMENTS

We would like to thank Dr Jessica Bean Jaworski, Dr. Inge-Marie Eigsti, Dr Mara L. Cordeiro, Dr Esther Lázaro Pérez, Dr Peter Deschamps, Dr Rahime Duygy Temeltürk, Dr Elyse Manteris and Dr Mehdi Tehrani-Doost, who provided us with extra data from their studies, which we included in our meta-analysis.

REFERENCES

Airdrie, J. N., Langley, K., Thapar, A., & van Goozen, S. H. M. (2018). Facial Emotion Recognition and Eye Gaze in Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder With and Without Comorbid Conduct Disorder. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, *57*(8), 561-570. https://doi.org/10.1016/j.jaac.2018.04.016

Aspan, N., Bozsik, C., Gadoros, J., Nagy, P., Inantsy-Pap, J., Vida, P., & Halasz, J. (2014). Emotion Recognition Pattern in Adolescent Boys with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *BioMed Research International*, 1-8. https://doi.org/10.1155/2014/761340

Barkley, R. A. (2015). *Attention-Deficit Hyperactivity Disorder: A Handbook for Diagnosis and Treatment* (4th ed.). The Guilford Press.

Barkley, R. A., & Fischer, M. (2011). Predicting Impairment in Major Life Activities and Occupational Functioning in Hyperactive Children as Adults: Self-Reported Executive Function (EF) Deficits Versus EF Tests. *Developmental Neuropsychology*, *36*(2), 137-161. https://doi.org/10.1080/87565641.2010.549877

Barkley, R. A., & Murphy, K. R. (2011). The Nature of Executive Function (EF) Deficits in Daily Life Activities in Adults with ADHD and Their Relationship to Performance on EF Tests. *Journal of Psychopathology and Behavioral Assessment*, *33*(2), 137-158. https://doi.org/10.1007/s10862-011-9217-x

Baron-Cohen, S. (2011). The evolution and diagnosis of empathy. *The Evolutionary Review*, *2*(1), 55-57.

Baron-Cohen, S., & Wheelwright, S. (2004). The Empathy Quotient: An Investigation of Adults with Asperger Syndrome or High Functioning Autism, and Normal Sex Differences. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *34*(2), 163-175. https://doi.org/10.1023/B:JADD.0000022607.19833.00

Bean, J. (2013). *Attentional Contributions to Social Cognition and Social Behaviors: Implications for Autism Spectrum Disorder and Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder* [Doctoral dissertation, University of Connecticut]. https://opencommons.uconn.edu/dissertations/181

Beer, J. S., & Ochsner, K. N. (2006). Social cognition: A multi level analysis. *Brain Research*, *1079*(1), 98-105. https://doi.org/10.1016/j.brainres.2006.01.002

Berenguer, C., Roselló, B., Colomer, C., Baixauli, I., & Miranda, A. (2018). Children with autism and attention deficit hyperactivity disorder. Relationships between symptoms and executive function, theory of mind, and behavioral problems. *Research in Developmental Disabilities*, *83*, 260-269. https://doi.org/10.1016/j.ridd.2018.10.001

Berggren, S., Engström, A.-C., & Bölte, S. (2016). Facial affect recognition in autism, ADHD and typical development. *Cognitive Neuropsychiatry*, *21*(3), 213-227. https://doi.org/10.1080/13546805.2016.1171205

Berlin, J. A., Santanna, J., Schmid, C. H., Szczech, L. A., & Feldman, H. I. (2002). Individual patient- versus group-level data meta-regressions for the investigation of treatment effect modifiers: Ecological bias rears its ugly head. *Statistics in Medicine*, *21*(3), 371-387. https://doi.org/10.1002/sim.1023

Bird, G., Silani, G., Brindley, R., White, S., Frith, U., & Singer, T. (2010). Empathic brain responses in insula are modulated by levels of alexithymia but not autism. *Brain*, *133*(5), 1515-1525. https://doi.org/10.1093/brain/awq060

Blackman, G. L., Ostrander, R., & Herman, K. C. (2005). Children with ADHD and Depression: A Multisource, Multimethod Assessment of Clinical, Social, and Academic Functioning. *Journal of Attention Disorders*, *8*(4), 195-207. https://doi.org/10.1177/1087054705278777

Boakes, J., Chapman, E., Houghton, S., & West, J. (2007). Facial Affect Interpretation in Boys with Attention Deficit/Hyperactivity Disorder. *Child Neuropsychology*, *14*(1), 82-96. https://doi.org/10.1080/09297040701503327

Bolat, N., Eyüboğlu, D., Eyüboğlu, M., Sargin, E., & Eliacik, K. (2016). Emotion recognition and theory of mind deficits in children with attention deficit hyperactivity disorder. *Anadolu Psikiyatri Dergisi*, *18*(3), 250-256. https://doi.org/10.5455/apd.237695

Bora, E., & Pantelis, C. (2016). Meta-analysis of social cognition in attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD): Comparison with healthy controls and autistic spectrum disorder. *Psychological Medicine*, *46*(4), 699-716. https://doi.org/10.1017/S0033291715002573

Borenstein, M., Cooper, H., Hedges, L., & Valentine, J. (2009). Effect sizes for continuous data. In H. Cooper, L. V. Hodges, & J. C. Valentine (Éds.), *The handbook of research synthesis and meta-analysis* (p. 221-235). Russel Sage Foundation.

Braaten, E. B., & Rosén, L. A. (2000). Self-regulation of affect in attention deficit-hyperactivity disorder (ADHD) and non-ADHD boys: Differences in empathic responding. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, *68*(2), 313-321. https://doi.org/10.1037/0022-006X.68.2.313

Charman, T., Carroll, F., & Sturge, C. (2001). Theory of mind, executive function and social competence in boys with ADHD. *Emotional and Behavioural Difficulties*, *6*(1), 31-49. https://doi.org/10.1080/13632750100507654

Çiray, R. O., Özyurt, G., Turan, S., Karagöz, E., Ermiş, Ç., Öztürk, Y., & Akay, A. (2022). The association between pragmatic language impairment, social cognition and emotion regulation skills in adolescents with ADHD. *Nordic Journal of Psychiatry*, *76*(2), 89-95. https://doi.org/10.1080/08039488.2021.1938211

Coutinho, D., Farias, A. C., Felden, E. P. G., & Cordeiro, M. L. (2021). ADHD Comorbid With Major Depression on Parents and Teachers Perceptions. *Journal of Attention Disorders*, *25*(4), 508-518. https://doi.org/10.1177/1087054718815574

Da Fonseca, D., Seguier, V., Santos, A., Poinso, F., & Deruelle, C. (2009). Emotion Understanding in Children with ADHD. *Child Psychiatry and Human Development*, *40*(1), 111-121. https://doi.org/10.1007/s10578-008-0114-9

Demirci, E., & Erdogan, A. (2016). Is emotion recognition the only problem in ADHD? Effects of pharmacotherapy on face and emotion recognition in children with ADHD. *ADHD Attention Deficit and Hyperactivity Disorders*, *8*(4), 197-204. https://doi.org/10.1007/s12402-016-0201-x

Demirci, E., Ozmen, S., Kilic, E., & Oztop, D. B. (2016). The relationship between aggression, empathy skills and serum oxytocin levels in male children and adolescents with attention deficit and hyperactivity disorder. *Behavioural Pharmacology*, *27*(8), 681-688. https://doi.org/10.1097/FBP.0000000000000234

Demurie, E., De Corel, M., & Roeyers, H. (2011). Empathic accuracy in adolescents with autism spectrum disorders and adolescents with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Research in Autism Spectrum Disorders*, *5*(1), 126-134. https://doi.org/10.1016/j.rasd.2010.03.002

Deschamps, P. K. H., Schutter, D. J. L. G., Kenemans, J. L., & Matthys, W. (2015). Empathy and prosocial behavior in response to sadness and distress in 6- to 7-year olds diagnosed with disruptive behavior disorder and attention-deficit hyperactivity disorder. *European*

Child & Adolescent Psychiatry, *24*(1), 105-113. https://doi.org/10.1007/s00787-014-0535-x

Downs, A., & Smith, T. (2004). Emotional Understanding, Cooperation, and Social Behavior in High-Functioning Children with Autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *34*(6), 625-635. https://doi.org/10.1007/s10803-004-5284-0

Drevon, D., Fursa, S. R., & Malcolm, A. L. (2017). Intercoder Reliability and Validity of WebPlotDigitizer in Extracting Graphed Data. *Behavior Modification*, *41*(2), 323-339. https://doi.org/10.1177/0145445516673998

Dyck, M. J., Ferguson, K., & Shochet, I. M. (2001). Do autism spectrum disorders differ from each other and from non-spectrum disorders on emotion recognition tests? *European Child & Adolescent Psychiatry*, *10*(2), 105-116. https://doi.org/10.1007/s007870170033

Egger, M., Smith, G. D., Schneider, M., & Minder, C. (1997). Bias in meta-analysis detected by a simple, graphical test. *Bmj*, *315*(7109), 629-634. https://doi.org/10.1136/bmj.315.7109.629

Ewe, L. P. (2019). ADHD symptoms and the teacher–student relationship: A systematic literature review. *Emotional and Behavioural Difficulties*, *24*(2), 136-155. https://doi.org/10.1080/13632752.2019.1597562

Fisher, Z., & Tipton, E. (2015). *robumeta : An R-package for robust variance estimation in meta-analysis* (arXiv:1503.02220). arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.1503.02220

Gallagher, H. L., & Frith, C. D. (2003). Functional imaging of 'theory of mind'. *Trends in cognitive sciences*, *7*(2), 77-83. https://doi.org/10.1016/S1364-6613(02)00025-6

Gardner, D. M., & Gerdes, A. C. (2015). A Review of Peer Relationships and Friendships in Youth With ADHD. *Journal of Attention Disorders*, *19*(10), 844-855. https://doi.org/10.1177/1087054713501552

Gosling, C. J., Cartigny, A., Stevanovic, D., Moutier, S., Delorme, R., & Attwood, T. (2023). Known-groups and convergent validity of the theory of mind task battery in children with autism spectrum disorder. *British Journal of Clinical Psychology*, *62*(2), 525-535. https://doi.org/10.1111/bjc.12420

Gosling, C. J., Cortese, S., Solmi, M., Haza, B., Vieta, E., Delorme, R., & Radua, J. (2023). *An R Package and Web-app Dedicated to Automated Effect Size Calculation. R package version 1.0.0*. https://cran.r-project.org/web/packages/metaConvert

Gosling, C. J., Solanes, A., Fusar-Poli, P., & Radua, J. (2023). Metaumbrella: The first comprehensive suite to perform data analysis in umbrella reviews with stratification of the evidence. *Evidence-Based Mental Health*, *26*(1). https://doi.org/10.1136/bmjment-2022-300534

Graziano, P. A., & Garcia, A. (2016). Attention-deficit hyperactivity disorder and children's emotion dysregulation: A meta-analysis. *Clinical Psychology Review*, *46*, 106-123. https://doi.org/10.1016/j.cpr.2016.04.011

Greenbaum, R. L., Stevens, S. A., Nash, K., Koren, G., & Rovet, J. (2009). Social cognitive and emotion processing abilities of children with fetal alcohol spectrum disorders: A comparison with attention deficit hyperactivity disorder. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research*, *33*(10), 1656-1670. https://doi.org/10.1111/j.1530-0277.2009.01003.x

Greene, R. W., Biederman, J., Faraone, S. V., Sienna, M., & Garcia-Jetton, J. (1997). Adolescent outcome of boys with attention-deficit/hyperactivity disorder and social disability: Results from a 4-year longitudinal follow-up study. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, *65*(5), 758-767. https://doi.org/10.1037/0022-006X.65.5.758

Gumustas, F., Yilmaz, I., Yulaf, Y., Gokce, S., & Sabuncuoglu, O. (2017). Empathy and Facial Expression Recognition in Children With and Without Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: Effects of Stimulant Medication on Empathic Skills in Children with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *Journal of Child and Adolescent Psychopharmacology*, *27*(5), 433-439. https://doi.org/10.1089/cap.2016.0052

Günay Ay, M., & Kılıç, B. G. (2019). Factors Associated with Empathy Among Adolescents with Attention Deficit Hyperactivity Disorder. *Turkish Journal of Psychiatry*, *30*. https://doi.org/10.5080/u23398

Happé, F., & Conway, J. R. (2016). Recent progress in understanding skills and impairments in social cognition. *Current Opinion in Pediatrics*, *28*(6), 736-742. https://doi.org/10.1097/MOP.0000000000000417

Happé, F., Cook, J. L., & Bird, G. (2017). The Structure of Social Cognition: In(ter)dependence of Sociocognitive Processes. *Annual Review of Psychology*, *68*(1), 243-267. https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010416-044046

Harpin, V. A. (2005). The effect of ADHD on the life of an individual, their family, and community from preschool to adult life. *Archives of Disease in Childhood*, *90*, i2-i7. https://doi.org/10.1136/adc.2004.059006

Hedges, L. V., Tipton, E., & Johnson, M. C. (2010). Robust variance estimation in meta-regression with dependent effect size estimates. *Research Synthesis Methods*, *1*(1), 39-65. https://doi.org/10.1002/jrsm.5

Henry, J. D., von Hippel, W., Molenberghs, P., Lee, T., & Sachdev, P. S. (2016). Clinical assessment of social cognitive function in neurological disorders. *Nature Reviews Neurology*, *12*(1), 28-39. https://doi.org/10.1038/nrneurol.2015.229

Higgins, J. P. T., Davey Smith, G., Altman, D. G., & Egger, M. (2022). Principles of Systematic Reviewing. *Systematic Reviews in Health Research*, 17-35. https://doi.org/10.1002/9781119099369.ch2

Hoza, B. (2007). Peer Functioning in Children With ADHD. *Journal of Pediatric Psychology*, *32*(6), 655-663. https://doi.org/doi:10.1093/jpepsy/jsm024

Hoza, B., Mrug, S., Gerdes, A. C., Hinshaw, S. P., Bukowski, W. M., Gold, J. A., Kraemer, H. C., Pelham Jr., W. E., Wigal, T., & Arnold, L. E. (2005). What Aspects of Peer Relationships Are Impaired in Children With Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder? *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, *73*(3), 411-423. https://doi.org/10.1037/0022-006X.73.3.411

Insel, T., Cuthbert, B., Garvey, M., Heinssen, R., Pine, D. S., Quinn, K., Sanislow, C., & Wang, P. (2010). Research Domain Criteria (RDoC): Toward a New Classification Framework for Research on Mental Disorders. *American Journal of Psychiatry*, *167*(7), 748-751. https://doi.org/10.1176/appi.ajp.2010.09091379

Lázaro, E., Amayra, I., López-Paz, J. F., Martínez, O., Pérez, M., Berrocoso, S., García, M., Jometón, A., Al-Rashaida, M., Oliva, M., Parada, P., & Hoffmann, H. (2019). Instrument for Assessing the Ability to Identify Emotional Facial Expressions in Healthy Children and in Children With ADHD: The FEEL Test. *Journal of Attention Disorders*, *23*(6), 563-569. https://doi.org/10.1177/1087054716682335

Liberati, A., Altman, D. G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gøtzsche, P. C., Ioannidis, J. P. A., Clarke, M., Devereaux, P. J., Kleijnen, J., & Moher, D. (2009). The PRISMA Statement for Reporting Systematic Reviews and Meta-Analyses of Studies That Evaluate Health

Care Interventions: Explanation and Elaboration. *PLOS Medicine*, *6*(7), e1000100. https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000100

Manteris, E. M. (2011). *Social Cognition and Comorbidity in Children with Autism Spectrum Disorders and Attention-Deficit Hyperactivity Disorder*. [Doctoral dissertation, University of Northern Colorado].

Maoz, H., Gvirts, H. Z., Sheffer, M., & Bloch, Y. (2019). Theory of Mind and Empathy in Children With ADHD. *Psychiatry Investigation*, *23*(11), 1331-1338. https://doi.org/10.1177/1087054717710766

Mary, A., Slama, H., Mousty, P., Massat, I., Capiau, T., Drabs, V., & Peigneux, P. (2016). Executive and attentional contributions to Theory of Mind deficit in attention deficit/hyperactivity disorder (ADHD). *Child Neuropsychology*, *22*(3), 345-365. https://doi.org/10.1080/09297049.2015.1012491

McQuade, J. D., & Hoza, B. (2008). Peer problems in Attention Deficit Hyperactivity Disorder: Current status and future directions. *Developmental Disabilities Research Reviews*, *14*(4), 320-324. https://doi.org/10.1002/ddrr.35

McQuade, J. D., Vaughn, A. J., Hoza, B., Murray-Close, D., Molina, B. S., Arnold, L. E., & Hechtman, L. (2014). Perceived social acceptance and peer status differentially predict adjustment in youth with and without ADHD. *Journal of attention disorders*, *18*(1), 31-43. https://doi.org/10.1177/1087054712437582

Moeyaert, M., Maggin, D., & Verkuilen, J. (2016). Reliability, Validity, and Usability of Data Extraction Programs for Single-Case Research Designs. *Behavior Modification*, *40*(6), 874-900. https://doi.org/10.1177/0145445516645763

Mrug, S., Molina, B. S. G., Hoza, B., Gerdes, A. C., Hinshaw, S. P., Hechtman, L., & Arnold, L. E. (2012). Peer Rejection and Friendships in Children with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: Contributions to Long-Term Outcomes. *Journal of Abnormal Child Psychology*, *40*(6), 1013-1026. https://doi.org/10.1007/s10802-012-9610-2

Muszkat, M., de Mello, C. B., Muñoz, P. de O. L., Lucci, T. K., David, V. F., Siqueira, J. de O., & Otta, E. (2015). Face Scanning in Autism Spectrum Disorder and Attention Deficit/Hyperactivity Disorder: Human Versus Dog Face Scanning. *Frontiers in Psychiatry*, *6*. https://doi.org/10.3389/fpsyt.2015.00150

Nakagawa, S., Lagisz, M., Jennions, M. D., Koricheva, J., Noble, D. W., Parker, T. H., Sánchez-Tójar, A., Yang, Y., & O'Dea, R. E. (2022). Methods for testing publication bias in ecological and evolutionary meta-analyses. *Methods in Ecology and Evolution*, *13*(1), 4-21. https://doi.org/10.1111/2041-210X.13724

Nijmeijer, J. S., Minderaa, R. B., Buitelaar, J. K., Mulligan, A., Hartman, C. A., & Hoekstra, P. J. (2008). Attention-deficit/hyperactivity disorder and social dysfunctioning. *Clinical Psychology Review*, *28*(4), 692-708. https://doi.org/10.1016/j.cpr.2007.10.003

Nixon, E. (2001). The Social Competence of Children with Attention Deficit Hyperactivity Disorder: A Review of the Literature. *Child Psychology and Psychiatry Review*, *6*(4), 172-180. https://doi.org/10.1017/S1360641701002738

Noordermeer, S. D. S., Luman, M., Buitelaar, J. K., Hartman, C. A., Hoekstra, P. J., Franke, B., Faraone, S. V., Heslenfeld, D. J., & Oosterlaan, J. (2020). Neurocognitive Deficits in Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder With and Without Comorbid Oppositional Defiant Disorder. *Journal of Attention Disorders*, *24*(9), 1317-1329. https://doi.org/10.1177/1087054715606216

Özbaran, B., Kalyoncu, T., & Köse, S. (2018). Theory of mind and emotion regulation difficulties in children with ADHD. *Psychiatry Research*, *270*, 117-122. https://doi.org/10.1016/j.psychres.2018.09.034

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., … Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, *372*, n71. https://doi.org/10.1136/bmj.n71

Parke, E. M., Becker, M. L., Graves, S. J., Baily, A. R., Paul, M. G., Freeman, A. J., & Allen, D. N. (2021). Social cognition in children with ADHD. *Journal of Attention Disorders*, *25*(4), 519-529. https://doi.org/10.1177/1087054718816157

Pelc, K., Kornreich, C., Foisy, M.-L., & Dan, B. (2006). Recognition of Emotional Facial Expressions in Attention-Deficit Hyperactivity Disorder. *Pediatric Neurology*, *35*(2), 93-97. https://doi.org/10.1016/j.pediatrneurol.2006.01.014

Pitzianti, M., Grelloni, C., Casarelli, L., D'Agati, E., Spiridigliozzi, S., Curatolo, P., & Pasini, A. (2017). Neurological soft signs, but not theory of mind and emotion recognition

deficit distinguished children with ADHD from healthy control. *Psychiatry Research*, *256*, 96-101. https://doi.org/10.1016/j.psychres.2017.06.029

Polanczyk, G., de Lima, M. S., Horta, B. L., Biederman, J., & Rohde, L. A. (2007). The Worldwide Prevalence of ADHD: A Systematic Review and Metaregression Analysis. *American Journal of Psychiatry*, *164*(6), 942-948. https://doi.org/10.1176/ajp.2007.164.6.942

Pustejovsky, J. E., & Tipton, E. (2022). Meta-analysis with Robust Variance Estimation: Expanding the Range of Working Models. *Prevention Science*, *23*(3), 425-438. https://doi.org/10.1007/s11121-021-01246-3

Regenbogen, C., Schneider, D. A., Gur, R. E., Schneider, F., Habel, U., & Kellermann, T. (2012). Multimodal human communication — Targeting facial expressions, speech content and prosody. *NeuroImage*, *60*(4), 2346-2356. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2012.02.043

Riley, R. D., Lambert, P. C., & Abo-Zaid, G. (2010). Meta-analysis of individual participant data: Rationale, conduct, and reporting. *BMJ*, *340*, c221. https://doi.org/10.1136/bmj.c221

Rohatgi, A. (2022). *WebPlotDigitizer: Version 4.6 of WebPlotDigitizer*. https://automeris.io/WebPlotDigitizer

Ros, R., & Graziano, P. A. (2017). Social Functioning in Children With or At Risk for Attention Deficit/Hyperactivity Disorder: A Meta-Analytic Review. *Journal of Clinical Child & Adolescent Psychology*, *47*(2), 213-235. https://doi.org/10.1080/15374416.2016.1266644

Şahin, B., Karabekiroğlu, K., Bozkurt, A., Usta, M., Aydin, M., & Çobanoğlu, C. (2018). The Relationship of Clinical Symptoms with Social Cognition in Children Diagnosed with Attention Deficit Hyperactivity Disorder, Specific Learning Disorder or Autism Spectrum Disorder. *Psychiatry Investigation*, *15*(12). https://doi.org/10.30773/pi.2018.10.01

Sanislow, C. A., Pine, D. S., Quinn, K. J., Kozak, M. J., Garvey, M. A., Heinssen, R. K., Wang, P. S.-E., & Cuthbert, B. N. (2010). Developing constructs for psychopathology research: Research domain criteria. *Journal of abnormal psychology*, *119*(4), 631. https://doi.org/10.1037/a0020909

Schurz, M., Radua, J., Tholen, M. G., Maliske, L., Margulies, D. S., Mars, R. B., Sallet, J., & Kanske, P. (2021). Toward a hierarchical model of social cognition: A neuroimaging meta-analysis and integrative review of empathy and theory of mind. *Psychological Bulletin*, *147*(3), 293-327. https://doi.org/10.1037/bul0000303

Schwenck, C., Schneider, T., Schreckenbach, J., Zenglein, Y., Gensthaler, A., Taurines, R., Freitag, C. M., Schneider, W., & Romanos, M. (2013). Emotion recognition in children and adolescents with attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD). *ADHD Attention Deficit and Hyperactivity Disorders*, *5*(3), 295-302. https://doi.org/10.1007/s12402-013-0104-z

Scourfield, J., Martin, N., Lewis, G., & McGuffin, P. (1999). Heritability of social cognitive skills in children and adolescents. *The British Journal of Psychiatry*, *175*(6), 559-564. https://doi.org/10.1192/bjp.175.6.559

Seidman, L. J. (2006). Neuropsychological functioning in people with ADHD across the lifespan. *Clinical Psychology Review*, *26*(4), 466-485. https://doi.org/10.1016/j.cpr.2006.01.004

Singer, T. (2006). The neuronal basis and ontogeny of empathy and mind reading: Review of literature and implications for future research. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *30*(6), 855-863. https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2006.06.011

Sinzig, J., Morsch, D., & Lehmkuhl, G. (2008). Do hyperactivity, impulsivity and inattention have an impact on the ability of facial affect recognition in children with autism and ADHD? *European Child & Adolescent Psychiatry*, *17*(2), 63-72. https://doi.org/10.1007/s00787-007-0637-9

Sjöwall, D., Roth, L., Lindqvist, S., & Thorell, L. B. (2013). Multiple deficits in ADHD: Executive dysfunction, delay aversion, reaction time variability, and emotional deficits. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *54*(6), 619-627. https://doi.org/10.1111/jcpp.12006

Sjöwall, D., & Thorell, L. B. (2022). Neuropsychological deficits in relation to ADHD symptoms, quality of life, and daily life functioning in young adulthood. *Applied Neuropsychology: Adult*, *29*(1), 32-40. https://doi.org/10.1080/23279095.2019.1704287

Stanley, T. D., & Doucouliagos, H. (2014). Meta-regression approximations to reduce publication selection bias. *Research Synthesis Methods*, *5*(1), 60-78. https://doi.org/10.1002/jrsm.1095

Storebø, O. J., Andersen, M. E., Skoog, M., Hansen, S. J., Simonsen, E., Pedersen, N., Tendal, B., Callesen, H. E., Faltinsen, E., & Gluud, C. (2019). Social skills training for attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) in children aged 5 to 18 years. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, *12*. https://doi.org/10.1002/14651858.CD008223.pub2

Tehrani-Doost, M., Noorazar, G., Shahrivar, Z., Banaraki, A. K., Beigi, P. F., & Noorian, N. (2017). Is Emotion Recognition Related to Core Symptoms of Childhood ADHD? *Journal of the Canadian Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, *26*(1), 31-38.

Temeltürk, R. D., Aydın, Ö., Güllü, B. Ü., & Kılıç, B. G. (2023). Dynamic eye-tracking evaluation of responding joint attention abilities and face scanning patterns in children with attention deficit hyperactivity disorder. *Development and Psychopathology*, 1-12. https://doi.org/10.1017/S095457942300041X

Uekermann, J., Kraemer, M., Abdel-Hamid, M., Schimmelmann, B. G., Hebebrand, J., Daum, I., Wiltfang, J., & Kis, B. (2010). Social cognition in attention-deficit hyperactivity disorder (ADHD). *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *34*(5), 734-743. https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2009.10.009

Wells, G. A., Shea, B., O'Connell, D., Peterson, J., Welch, V., Losos, M., & Tugwell, P. (2000). *The Newcastle-Ottawa Scale (NOS) for assessing the quality of nonrandomised studies in meta-analyses*. Oxford. https://www.ohri.ca/programs/clinical_epidemiology/oxford.asp

White, S., Hill, E., Happé, F., & Frith, U. (2009). Revisiting the Strange Stories: Revealing Mentalizing Impairments in Autism. *Child Development*, *80*(4), 1097-1117. https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2009.01319.x

Willcutt, E. G., Doyle, A. E., Nigg, J. T., Faraone, S. V., & Pennington, B. F. (2005). Validity of the executive function theory of attention-deficit/hyperactivity disorder: A meta-analytic review. *Biological psychiatry*, *57*(11), 1336-1346. https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2005.02.006

Williams, L. M., Hermens, D. F., Palmer, D., Kohn, M., Clarke, S., Keage, H., Clark, C. R., & Gordon, E. (2008). Misinterpreting Emotional Expressions in Attention-

Deficit/Hyperactivity Disorder: Evidence for a Neural Marker and Stimulant Effects. *Biological Psychiatry*, *63*(10), 917-926. https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2007.11.022

Yang, J., Zhou, S., Yao, S., Su, L., & McWhinnie, C. (2009). The Relationship Between Theory of Mind and Executive Function in a Sample of Children from Mainland China. *Child Psychiatry and Human Development*, *40*(2), 169-182. https://doi.org/10.1007/s10578-008-0119-4

Yu, C.-L., & Chou, T.-L. (2018). A Dual Route Model of Empathy: A Neurobiological Prospective. *Frontiers in Psychology*, *9*. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02212

Méthodologie générale des études 2 et 3

1. Accords éthiques

L'ensemble de ces études a été approuvé par le comité d'éthique de l'UFR SPSE (Sciences Psychologiques et Sciences de l'Education – n°2020-12-01). Tous les parents des enfants ont été informés de l'objectif de l'étude et ont donné leur consentement éclairé par écrit, conformément aux directives du comité d'éthique institutionnel.

2. Participants

Les études ont été menées auprès de différentes populations. La deuxième étude comportait des enfants au développement typique âgés de 6 à 10 ans. La troisième étude comprenait à la fois des enfants au développement typique et des enfants diagnostiqués de TDAH.

- Les enfants au développement typique ont été recrutés grâce à des collaborations dans plusieurs écoles élémentaires d'Île-de-France. Pour pouvoir intervenir dans ces écoles, une convention a été signée avec la Direction des Services Départementaux de l'Education Nationale des Hauts de Seine (DSDEN-92). Tous les enfants ont été testés dans une salle calme de leur école. Ils avaient une vision parfaite ou corrigée, comprenaient parfaitement le français et n'avaient pas d'antécédents de troubles neurologiques, psychiatriques ou neurodéveloppementaux.
- Les enfants souffrant de TDAH ont été recrutés grâce à des collaborations avec des neuropsychologues[42], qui ont suivi une formation à la passation de l'outil et ont réalisé le test pendant la réalisation du bilan neuropsychologique de l'enfant ou une séance de rééducation. Ces enfants ont été diagnostiqués par un clinicien après un entretien avec les parents et l'enfant et une évaluation neuropsychologique complète. Les critères d'inclusion étaient le diagnostic de TDAH et l'absence d'antécédents de retard mental, de traumatisme cérébral et/ou de déficience neurologique.

[42] Les échanges avec les neuropsychologues et leurs retours d'expérience ont été pris en compte au cours du développement de l'outil.

3. Procédure générale

3.1. Procédure de TooN

L'outil informatisé (« Tool for diagnosing other's gaze following in Neuropsychological disorders » ou « TooN ») a été développé par Jawel Mersali (ingénieur), en langage Python. Il teste le suivi des indices sociaux de façon très écologique. En effet, il s'inspire du paradigme de Posner mais utilise des vidéos de personnes réelles regardant et/ou pointant du doigt vers des objets de la vie quotidienne dans un environnement écologique. Deux conditions sont testées : une première condition dans laquelle une personne apparaît et oriente le regard vers la droite ou la gauche (i.e., condition Regard) et une deuxième condition dans laquelle la personne regarde, oriente la tête et pointe du doigt vers la droite ou la gauche (i.e., condition Pointage).

L'outil est divisé en deux séquences identiques constituées de 60 essais dont l'ordre diffère d'une séquence à l'autre. Chaque essai commence par l'apparition d'un cercle de fixation bleu au centre de l'écran pendant 500 ms. Par la suite, une vidéo apparaît dans l'une des conditions expérimentales (i.e., Regard, Pointage), avant qu'un objet surgisse du côté indiqué par le modèle (i.e., essais congruents) ou du côté opposé (i.e., essais incongruents). Des essais dans lesquels aucun objet n'apparaît sont également présentés. Le participant doit réagir aussi rapidement que possible en appuyant sur la barre d'espace lorsqu'un objet apparaît à droite ou à gauche de l'écran ou bien s'abstenir d'appuyer sur celle-ci en l'absence d'objet. Une fois la réponse donnée ou après la fin de la vidéo, l'essai suivant est lancé. L'ordre d'apparition des essais est pseudo-aléatoire au sein de chaque séquence et change pour chaque participant.

3.2. Autres tests neuropsychologiques

Entre les deux séquences, les enfants ont toujours été testés sur d'autres tâches neuropsychologiques pendant au moins 5 minutes, afin d'éviter qu'ils ne se fatiguent ou qu'ils ne perdent leur motivation. Les tâches neuropsychologiques utilisées pour évaluer les enfants au développement typique (qui variaient en fonction des protocoles) étaient les suivantes :

- **La version française du Self-Report Strengths and Difficulties Questionnaire** (SDQ ; Capron et al., 2007 ; Goodman et al., 1998, 2003) évalue le fonctionnement comportemental et social à partir de 5 échelles : symptômes émotionnels, problèmes de conduite, hyperactivité/inattention, problèmes relationnels et comportement prosocial.

- **Le test d'attention visuelle de la NEPSI-I** (Korkman, 1998) est une tâche de barrage évaluant les capacités d'attention sélective en condition simple (i.e., barrage d'une seule cible) ou complexe (i.e., barrage de plusieurs cibles).
- **La version adaptée de Catale et al. (2014) du test Stroop fruits** (Archibald & Kerns, 1999) évalue la capacité à inhiber une réponse automatique (i.e., couleur d'impression du fruit) au profit d'une réponse plus contrôlée (i.e., couleur habituelle du fruit).
- **La version française du Reading the Mind in the Eyes Test pour enfants**[43] (Baron-Cohen et al., 2001) a été utilisée pour évaluer les capacités de théorie de l'esprit à partir de l'attribution d'émotions à des photographies de regards.

3.3. Adaptation de TooN pour les neuropsychologues

Au-delà des éléments relatifs à la passation expérimentale de TooN, une interface a été développée pour répondre aux besoins des neuropsychologues (cf. Figure 26). Elle est facile à manipuler et permet de lancer une passation, d'ajouter des patients, de chercher des patients déjà inscrits, d'accéder à des informations les concernant et d'accéder à leurs résultats à TooN. Après chaque passation, le neuropsychologue a accès à un fichier Excel avec tous les scores bruts et les scores standardisés associés, ce qui lui permet d'interpréter les résultats assez rapidement, sans devoir calculer les scores standardisés à la main.

Dans le cadre de la validation de TooN, un mode « Lab » a été créé pour réaliser la passation en ayant accès à un second fichier Excel qui comporte tous les scores bruts essai par essai et qui est nécessaire pour analyser les données dans le cadre du projet. Ce mode ne sera plus accessible une fois TooN validé. En outre, un mode d'emploi a été rédigé dans le cadre de cette thèse pour aider les neuropsychologues participant à la validation de TooN à utiliser le logiciel, réaliser les passations ainsi qu'à comprendre comment interpréter les résultats. Le mode d'emploi[44] peut être consulté en ligne (https://osf.io/rvndk/?view_only=c85aa73c38ff4533b6f81da60f25bd59). Il a été donné aux

[43] La version utilisée du RMET est accessible sur ce lien : https://www.autismresearchcentre.com/tests/

[44] Le mode d'emploi présenté dans le cadre de ce manuscrit ne constitue pas une version finale. Ce document sera modifié en fonction des retours des neuropsychologues à la fin de la validation de l'outil. Ce mode d'emploi présente une deuxième version (i.e., version Neutre, cf. Encadré n°2), dont le développement n'est pas l'objet de cette thèse. Cette version est destinée à être utilisée dans le cadre de l'évaluation de la négligence spatiale unilatérale chez l'adulte.

neuropsychologues partenaires après qu'ils aient été formés à l'outil. En effet, comme pour tout test neuropsychologique, une connaissance du test, des fonctions cognitives évaluées ainsi que de la manière de l'interpréter est nécessaire pour pouvoir l'utiliser.

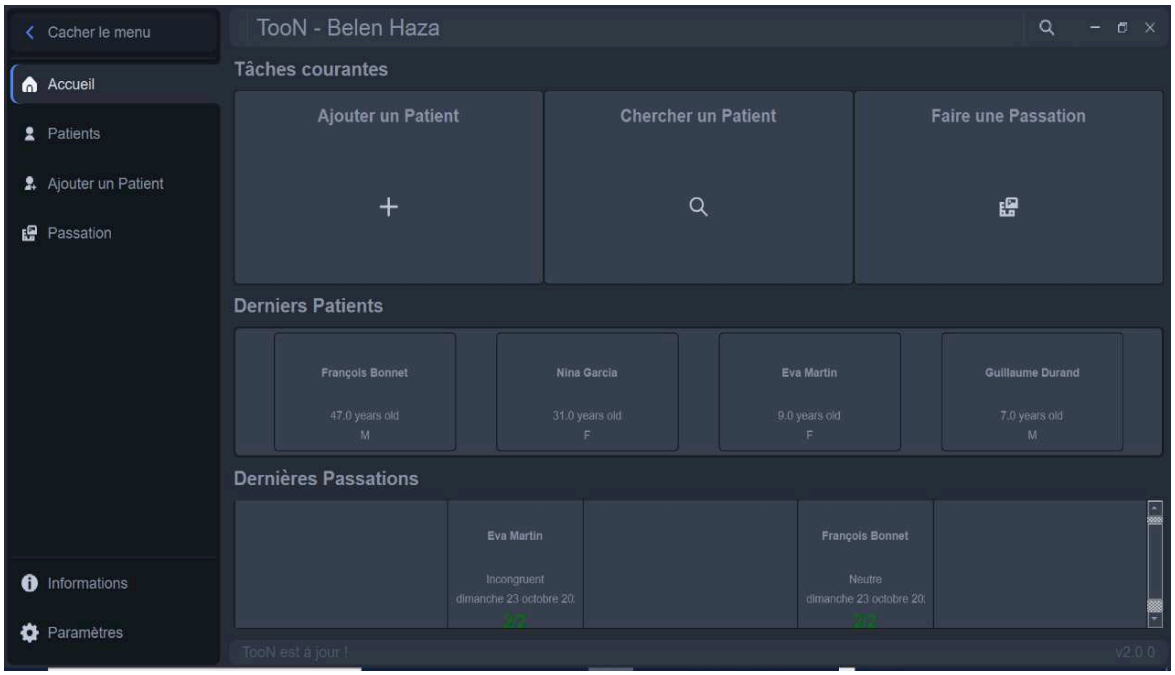

Figure 26 : Interface de TooN. Elle est composée de plusieurs rubriques : « Accueil », « Patients », « Ajouter un patient » et « Passation ». Cette figure correspond à une capture d'écran de la page « Accueil » de l'outil. Dans la section « Tâches courantes », le neuropsychologue peut accéder rapidement aux rubriques « Ajouter un patient », « Chercher un patient » ou « Faire une passation ». Sans passer par ces rubriques, les sections « derniers patients » et « dernières passations » de la page d'accueil permettent, par exemple, d'accéder aux fiches d'information et aux résultats des derniers patients ajoutés ou des dernières passations effectuées ainsi que de lancer une passation pour ces patients.

4. Analyses

Dans les études 2 et 3, le pourcentage de réponses correctes (%RC) et les temps de réaction (en ms) des réponses correctes dans les essais avec objets (TR) ont été calculés. Afin d'estimer la capacité à suivre des indices sociaux, nous avons également calculé, pour chaque indice (i.e., Regard et Pointage), l'effet d'indiçage en faisant la différence entre les TR dans les essais congruents et les TR dans les essais incongruents (TR incongruent – TR congruent). Ces variables ont ensuite été soumises à des analyses de variance à mesures répétées (ANOVA) avec des variables différentes en fonction des objectifs de l'étude. Le reste des analyses variaient d'une étude à l'autre. Ces détails seront présentés dans les prochaines sections.

Étude 2 – Étalonnage et fidélité de TooN

1. Objectifs

L'objectif de cette étude était d'étalonner TooN chez un groupe d'enfants âgés de 6 à 10 ans et de vérifier sa fidélité test-retest chez un groupe d'enfants supplémentaire. Avec les données de l'étalonnage, nous avions également pour objectif d'étudier pour la première fois les effets du sexe et de l'âge sur la capacité à suivre des indices sociaux chez les enfants en utilisant un matériel écologique. Avant de commencer la phase d'étalonnage, nous avons pré-testé plusieurs versions de l'outil chez des enfants au développement typique pour choisir une version adaptée et vérifier sa robustesse. Ces données n'ont pas été intégrées dans le deuxième article mais sont présentées dans l'encadré n°1. Un groupe supplémentaire d'adultes a été également testé au cours de cette thèse pour avoir une meilleure compréhension du développement du suivi des indices sociaux. Ces données ne sont pas non plus intégrées dans l'article mais sont présentées dans l'encadré n°2.

2. Méthode

Après avoir réalisé un pré-test de différentes versions de l'outil sur 52 enfants (cf. Encadré n°1 pour les résultats), un total de 438 enfants recrutés dans 15 écoles d'Île-de-France a participé à l'étalonnage de l'outil. Parmi ces participants, 339 enfants âgés de 6 à 10 ans (âge moyen = 101 mois, écart-type = 16,7, 169 filles) ont répondu aux critères pour participer. Cet échantillon comprenait 67 enfants âgés de 6 ans (37 filles), 69 de 7 ans (26 filles), 76 de 8 ans (45 filles), 64 de 9 ans (33 filles) et 63 de 10 ans (28 filles).

Un deuxième groupe de 28 participants âgés de 6 à 10 ans (âge moyen = 103 mois, écart-type = 17,4, 17 filles) qui n'ont pas participé à l'étalonnage a été testé à deux moments différents dans un intervalle de temps de trois semaines pour examiner la fidélité test-retest de TooN.

Chaque enfant a été vu indépendamment dans une salle de son école. Les enfants étaient tout d'abord placés devant un ordinateur afin de tester l'outil. Entre les deux séquences, des tests neuropsychologiques différents ont été réalisés par les deux groupes d'enfants. Le SDQ et le test d'attention visuelle de la NEPSY-I ont été administrés aux enfants inclus dans les données

normatives. Le test Stroop fruit et le RMET ont été réalisés par les enfants inclus dans les données de la fidélité test-retest (un test lors de la première séance et l'autre test lors de la deuxième séance).

Encadré n°1 : Pré-tests de différentes versions de l'outil

Objectif

Bien que les essais incongruents soient classiquement utilisés dans la littérature pour mesurer l'effet d'indiçage, nous avons tenté de diminuer au maximum le nombre d'essais en cherchant une condition de comparaison (i.e., condition contrôle) qui serait identique aux conditions Regard et Pointage. Dans ce pré-test, nous avons testé trois versions de l'outil (cf. Figure 27), chacune testant une condition contrôle différente :

- Une version **« Neutre »** dans laquelle les essais congruents de regard et de pointage sont comparés à des essais dans lesquels le modèle ne bouge pas avant l'apparition de l'objet.
- Une version **« Mouvement »** dans laquelle les essais congruents de regard et de pointage sont comparés à des essais dans lesquels le modèle pointe du doigt en regardant vers l'enfant avant l'apparition de l'objet.
- Une version **« Incongruent »** dans laquelle les essais congruents de regard sont comparés à des essais incongruents de regard et les essais congruents de pointage sont comparés à leurs versions incongruentes respectives.

Méthode

52 enfants sans troubles, âgés de 7 à 9 ans, ont été testés (version Neutre : n = 19, âge moyen = 101 mois ± 5,61, 13 filles ; version Mouvement : n = 18, âge moyen = 99,3 mois ± 6,50, 13 filles ; version Incongruent : n = 15, âge moyen = 99,1 mois ± 5,51, 8 filles). Tous les enfants devaient appuyer sur un bouton le plus rapidement possible lorsqu'un objet apparaissait à l'écran, à gauche ou à droite d'un individu. Dans deux tiers des essais, le côté de l'apparition de l'objet était indiqué par l'individu, soit en déviant son regard, soit en pointant du doigt (i.e., essais congruents). Le dernier tiers était constitué des essais contrôles (i.e., essais Neutres, essais Mouvements ou essais Incongruents).

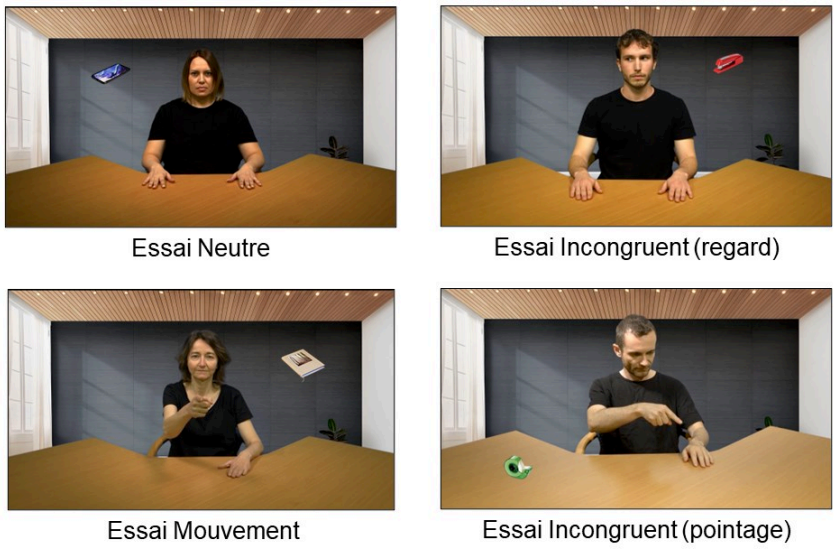

Figure 27 : Exemple de différents types d'essais dans les différentes versions de l'outil.

Résultats

Les effets d'indiçage ont été calculés pour le pointage et le regard dans chaque version en faisant la différence entre les temps de réaction obtenus dans les essais Incongruents, Neutres ou Mouvement, et les temps de réaction obtenus dans les essais congruents (cf. Figure 28). Pour chaque effet d'indiçage dans chaque version, des t-tests bilatéraux contre 0 ont été conduits afin d'estimer si la version permettait de calculer des effets d'indiçage robustes. De plus, pour chaque version, nous avons réalisé des t-tests pour comparer les effets d'indiçage dans les conditions Regard et Pointage.

Comme attendu, le pointage a déclenché de forts effets d'indiçage dans la version Neutre ($M = 121,9$, $ES = 12,4$; $t(18) = 9,84$, $p < .001$, $d = 2,26$), la version Mouvement ($M = 58,8$, $ES = 12,2$; $t(17) = 4,81$, $p < .001$, $d = 1,14$) et la version Incongruent ($M = 60,2$, $ES = 14,2$; $t(14) = 4,24$, $p < .001$, $d = 1,10$). En revanche, la force de l'effet d'indiçage par le regard dépendait des essais de comparaison. Dans les versions Neutre ($M = 81,9$, $ES = 14,7$; $t(18) = 5,56$, $p < .001$, $d = 1,28$) et Incongruent ($M = 60,9$, $ES = 18$; $t(14) = 3,39$, $p < .01$, $d = 0,87$), le regard a déclenché de forts effets d'indiçage. Néanmoins, le regard n'a pas déclenché d'effets d'indiçage dans la version Mouvement ($M = -35,5$, $ES = 22,6$; $t(17) = -1,57$, $p = .13$). Les analyses ont également montré que le pointage provoquait un effet d'indiçage plus fort que le regard dans la version Neutre ($t(18) = -2,51$, $p < .05$, $d = 0,58$) et Mouvement (t

(17) = -3,32, p < .01, d = 0,78), alors qu'aucune différence n'était présente dans la version Incongruent (t (14) = 0,03, p = .98).

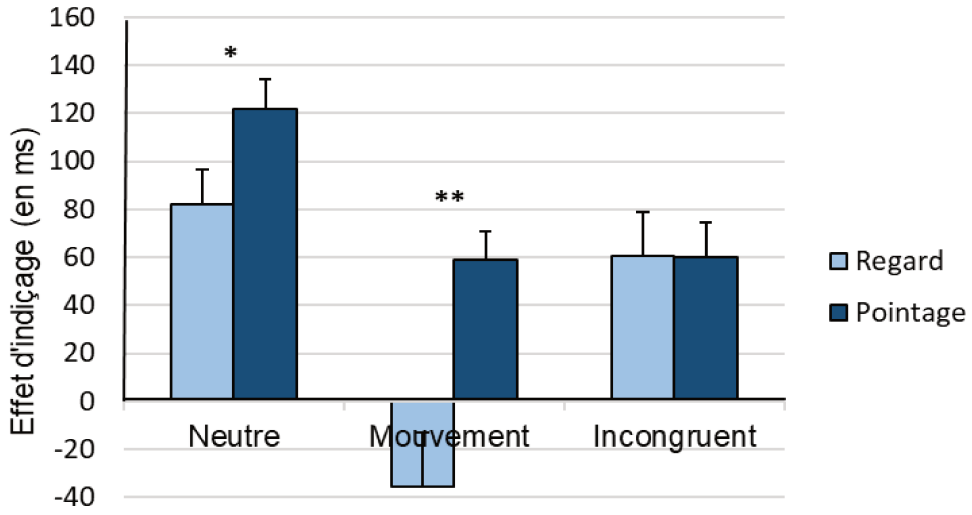

Figure 28 : Effets d'indiçage du regard et du pointage (en ms) dans les différentes versions.

Conclusion

Dans la version Mouvement, nous observons un effet d'indiçage particulièrement fort du pointage, mais pas d'effet du regard. Dans cette version, le modèle pointe du doigt vers l'observateur, ce qui constitue un mouvement beaucoup plus saillant que celui du regard qui se détourne. La condition contrôle Mouvement, de par sa proximité temporelle avec l'apparition de l'objet, a manifestement déclenché une alerte très efficace, annihilant l'effet du regard. Dans la version Neutre, un effet d'alerte similaire est entré en jeu. Celui-ci a été déclenché par les essais congruents de pointage et de regard (en comparaison aux essais neutres) ce qui expliquerait les effets d'indiçage particulièrement forts observés dans cette version, en particulier dans la condition pointage, qui engendre un effet d'indiçage plus fort que le regard. La condition contrôle Neutre a donc rendu le mouvement du pointage plus saillant que celui du regard, introduisant une asymétrie entre les deux conditions. La version Incongruent aboutit, quant à elle, à des effets d'indiçage similaires du regard et du pointage, permettant de contrôler le problème d'alerte de façon symétrique dans les deux conditions. Ainsi, la version manipulant des essais incongruents nous est apparue la plus appropriée pour mesurer les effets d'indiçage dans la sphère sociale. Cette version a été choisie pour être calibrée dans un grand groupe d'enfants au développement typique.

3. Analyses

En premier lieu, nous avons réalisé des analyses des performances de l'échantillon de l'étalonnage. Les %RC et les TR ont été soumis à une ANOVA avec la Séquence (Séquence 1 vs. Séquence 2), l'Indice (Regard vs. Pointage), la Congruence (Congruent vs. Incongruent) comme facteurs intra-sujets et le Sexe (Filles vs. Garçons) et l'Age (6 vs. 7 vs. 8 vs. 9 vs. 10) comme facteurs inter-sujets. Pour chaque groupe d'âge (6 vs. 7 vs. 8 vs 9 vs. 10), la normalité des effets d'indiçage du Regard et du Pointage a été testée avec le test de Kolmogorov-Smirnov (K-S) et leur significativité a été examinée avec un t-test bilatéral contre 0. Ces effets ont également été soumis à une ANOVA avec la Séquence (Séquence 1 vs. Séquence 2) et l'Indice (Regard vs. Pointage) comme facteurs intra-sujets ainsi que le Sexe (Filles vs. Garçons) et l'Age (6 vs. 7 vs. 8 vs. 9 vs. 10) comme facteurs inter-sujets. En second lieu, nous avons calculé des données normatives sur cet échantillon. En troisième lieu, à titre exploratoire, des corrélations ont été réalisées entre les performances à l'outil et les scores aux tests neuropsychologiques (Stroop, RMET, SDQ et attention visuelle). Enfin, la fidélité test-retest a été évaluée en calculant la corrélation entre les performances obtenues à TooN à la première session et celles obtenues à la deuxième session.

4. Résultats principaux

De façon générale, nous avons montré des effets robustes d'indiçage par le regard et le pointage dans chaque groupe d'âge et chaque sexe. Les filles ont montré un plus grand effet d'indiçage par le regard que les garçons. Les effets d'indiçage par le regard et le pointage diminuaient avec l'âge. Des données complémentaires récoltées chez l'adulte suggèrent que la taille des effets se stablise à partir de 10 ans (cf. Encadré n°2). Par ailleurs, nous avons montré que les enfants avaient des effets d'indiçage plus importants lorsqu'ils étaient exposés au Pointage que lorsqu'ils étaient exposés au Regard. Ce résultat est important à des fins thérapeutiques, puisqu'on pourrait s'attendre à ce que les enfants ayant des déficits sociaux importants ne répondent à aucun indice social, tandis que d'autres enfants ayant des difficultés sociales plus subtiles pourraient ne pas répondre au regard, mais répondre au pointage. Les analyses de fidélité test-retest menées sur un groupe suplémentaire ont montré que les temps de réaction des enfants dans chaque condition étaient stables dans le temps.

Sur la base de ces résultats, pour identifier le niveau de déficit d'un enfant, l'outil propose d'indiquer automatiquement, après chaque passation, le z-score associé à chaque condition de TR et d'effet d'indiçage en prenant en compte l'âge et le sexe. En ce qui concerne les scores de précision (%RC, fausses alarmes[45] et omissions[46]), TooN indique si la performance de l'enfant est supérieure ou inférieure au 5ème rang percentile. Les rangs percentiles associés à ces scores sont également calculés à titre indicatif comme indices supplémentaires sur le fonctionnement cognitif des enfants évalués (e.g., attention, capacité d'inhibition).

Encadré n°2 : Comment évolue le suivi des indices sociaux de l'enfance à l'âge adulte ?

Objectif

Les résultats de notre deuxième étude montrent que les effets d'indiçage diminuent avec l'âge chez les enfants âgés de 6 à 10 ans. Nous avons souhaité estimer si cette diminution persistait au-delà de 10 ans, en comparant les performances des enfants de ce groupe d'âge à celles d'un groupe d'adultes.

Méthode

40 adultes âgés de 20 à 39 ans sans pathologies ont été testés sur TooN pour comparer leurs performances à celles des enfants de 10 ans issus de l'échantillon de l'étalonnage et déterminer si l'effet d'indiçage pourrait se stabiliser à partir de cet âge. Sur les 40 adultes, 3 ont été exclus de toutes les analyses. En effet, deux participants présentaient un %RC anormalement faible (%RC atteignant trois écarts-types sous la moyenne du groupe) et un participant présentait des TR anormalement longs (TR dépassant trois écarts-types de la moyenne du groupe). 37 adultes ont donc été retenus (âge moyen = 28,83 ans ± 6,48, 20 femmes) pour une comparaison avec les 63 enfants de 10 ans de notre échantillon d'étalonnage (âge moyen = 125 mois ± 3,7, 28 filles).

La normalité des effets d'indiçage du Regard et du Pointage (TR congruent – TR incongruent dans chaque condition) a été examinée via le test de Kolmogorov-Smirnov et leur significativité a été testée via un t-test bilatéral contre 0. Le d de Cohen a été utilisé pour

[45] Une fausse alarme est un essai dans lequel le participant a appuyé sur le bouton alors qu'aucun objet n'est apparu.

[46] Une omission est un essai dans lequel le participant n'a pas appuyé sur le bouton alors qu'un objet est apparu.

déterminer l'ampleur des effets. Ensuite, une analyse de variance à mesures répétées (ANOVA) a été conduite avec le groupe d'âge (10 vs. 20-39 ans) comme facteur inter-groupe et l'indice (Regard vs. Pointage) comme facteur intra-groupe. Des tests post-hoc avec correction de Bonferroni ont été effectués et le d de Cohen a été utilisé pour déterminer l'ampleur de l'effet.

Résultats

Comme dans les analyses réalisées sur les enfants de 10 ans (cf. Article 2), les t-tests conduits chez les adultes ont montré que les effets d'indiçage de l'adulte différaient significativement de 0 (Regard : $t(36) = 3,56$, $p < .01$, $d = 0,59$; Pointage : $t(36) = 5,91$, $p < .001$, $d = 0,97$) et leur distribution ne différaient pas d'une loi normale (Regard : $d = 0,08$, $p = .94$; Pointage : $d = 0,12$, $p = .58$). Ensuite, l'ANOVA comparant les deux groupes a montré un effet de l'indice, $F(1,98) = 25,97$, $p < .001$, $\eta^2_p = 0,21$ (cf. Figure 29). Les participants présentaient un effet d'indiçage plus important dans la condition Pointage (M = 63, SE = 6,83) que dans la condition Regard (M = 22,8, SE = 4,96). En revanche, l'analyse n'a montré aucun effet de l'âge ($F(1,98) = 2,88$, $p = .09$), ni d'effet d'interaction entre l'âge et l'indice ($F(1,98) = 26,6$, $p = 0,92$).

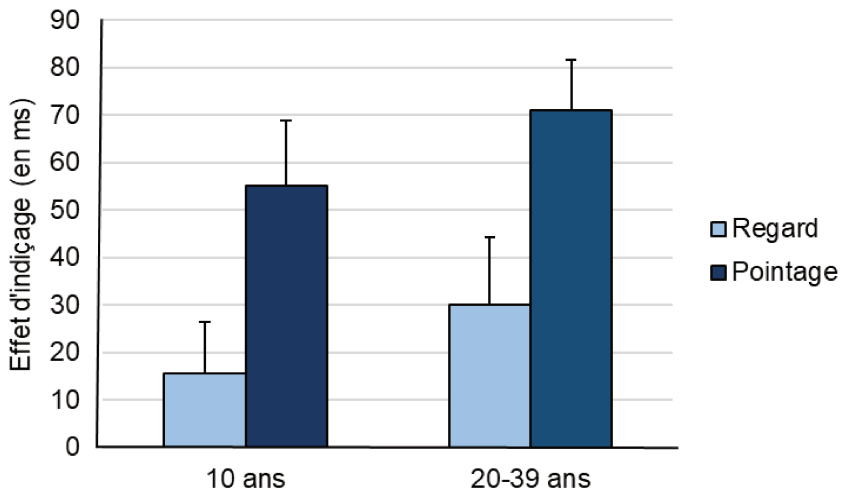

Figure 29 : Effet d'indiçage par le regard et le pointage du doigt chez les enfants de 10 ans et les adultes.

Conclusion

Les adultes, comme les enfants, présentent un effet d'indiçage robuste du regard et du pointage. En outre, nous avons montré que les enfants de 10 ans présentent un effet similaire à celui des adultes. Comme les données de notre deuxième étude montrent que les effets d'indiçage diminuent entre 6 et 10 ans, ces résultats suggèrent que les effets d'indiçage se stabilisent aux alentours de 10 ans, atteignant les performances de l'adulte. En accord avec cette conclusion, Neath et al. (2013) ont montré que l'effet d'indiçage diminue jusqu'à 12-13 ans, âge à partir duquel les performances se stabilisent jusqu'à 25 ans. En revanche, van Rooijen et al. (2018b) ont montré que l'effet est stable entre 8 et 16 ans. L'âge à partir duquel les effets d'indiçage se stabilisent n'est donc pas encore bien défini en raison des différences méthodologiques et inter-individuelles entre les études. La littérature confirme toutefois que ces effets diminuent au cours du développement de l'enfant et se stabilisent à l'âge prépubère. Pour corroborer cette hypothèse, il serait pertinent de tester TooN chez des individus ayant entre 11 et 20 ans.

5. Conclusion

Nous avons étalonné un outil chez un groupe d'enfants au développement typique âgés de 6 à 10 ans qui doit permettre aux neuropsychologues d'identifier si un enfant donné suit spontanément les indices sociaux. Nous avons montré des effets robustes d'indiçage par le regard et le pointage chez les enfants de tous les âges, confirmant la pertinence de développer un tel outil. Comme les effets d'indiçage par le regard et le pointage diminuent avec l'âge et que l'effet d'indiçage par le regard est plus important chez les filles que chez les garçons, les données normatives ont été calculées en considérant ces deux variables. De plus, nous avons montré que les temps de réaction étaient stables dans chaque condition. Dans l'ensemble, nous pouvons conclure que TooN est un outil sensible qui mesure les capacités de suivi des indices sociaux chez les enfants au développement typique. Néanmoins, sa sensibilité doit être explorée chez les enfants atteints de troubles neurodéveloppementaux tels que le TDAH.

6. Article n°2

L'article ci-dessous est en préparation.

A new tool for evaluating the ability to follow social cues in neuropsychological disorders: normative data for children 6 to 10 years old

Belen Haza*, Jawel Mersali, Charlotte Pinabiaux** and Laurence Conty**

Laboratory of Cognitive Functioning and Dysfunctioning (DysCo), Univ Paris Nanterre, F92000 France

*Corresponding author:
Belen Haza
Univ Paris Nanterre, F92000 France
Mail: hazabelen@gmail.com

**Co-last authors

ABSTRACT

Objective: The ability to follow social cues may be impaired in some neuropsychological disorders. Our objective was to calibrate a computerized tool (TooN) that will allow neuropsychologists to assess whether children spontaneously follow social cues. For this purpose, we calculated the tool's normative data and assessed its reliability.

Method: A group of 339 typically developing children ages 6 to 10 (M = 101 months, SD = 16.7, 169 girls) were included in the tool's normative data calculation, and a supplementary group of 28 children (M = 103 months, SD = 17.4, 17 girls), also typically developing, participated in the test-retest reliability assessment. The test included several trials in which children had to press a button as soon as possible when an object appeared on the right or left side of the screen. Each object was preceded by a video of a model who gazed and/or pointed at the side where the object appeared (i.e., congruent trials) or the opposite side (i.e., incongruent trials).

Results: We showed robust cuing effects (i.e., faster reaction times on congruent vs. incongruent trials), which were larger for pointing than for gaze. Moreover, these effects decreased with age and were larger among girls than boys, which led us to calculate normative data considering these variables. Finally, the test-retest assessment led us to conclude that the tool performs stable measurements over time.

Conclusions: TooN can assess the ability to follow social cues in typically developing children and may thus help to refine the diagnosis and/or treatment of children with neurodevelopmental disorders.

Keywords: Joint attention, social cognition, neuropsychological assessment, normative data, children

INTRODUCTION

Joint attention consists in coordinating the direction of our attention with that of another person. More precisely, joint attention refers to the ability to follow social cues (i.e., another person's gaze, head and/or pointing gestures) in order to have the same point of reference and share information (Mundy, 2018; Mundy, 2016). In normal cognition, the ability to follow social cues emerges early, starting in the first year of life (Farroni et al., 2000, 2004; Scaife & Bruner, 1975), and is very important for the development of social abilities in adults. Indeed, the early processing of social cues is considered a strong predictor of the proper development of theory of mind (Baron-Cohen, 1995; Brooks & Meltzoff, 2015; Charman et al., 2000; Tomasello, 1995) and language (Brooks & Meltzoff, 2005, 2008, 2015).

The ability to follow social cues has been widely investigated using an adaptation of the Posner cuing paradigm (Posner, 1980), in which participants must detect a target that appears on a computer screen by pressing a button as quickly as possible. In each trial, a cue indicating the right or left side is presented in the center of the screen, just before the target appears on the side indicated by the cue (i.e., congruent condition) or on the other side (i.e., incongruent condition). Typically, the cue may be an arrow (i.e., central cue) or a highlighted square (i.e., peripheral cue). More recently, authors have started to use social cues such as gaze direction to assess social attention. Using both social and non-social cues, several studies have shown that healthy participants are faster at detecting the target in the congruent condition than in the incongruent condition, which is known as a *cuing effect* (for a review, see Frischen et al., 2007).

Interestingly, when using gaze, the cuing effect is present even when participants are told that gaze direction does not predict the target location (Driver et al., 1999; Friesen et al., 2004; Friesen & Kingstone, 1998). These results show that processing gaze direction is difficult to inhibit, probably because of its early emergence in cognitive development (Farroni et al., 2002) as a phenomenon of high relevance in everyday life (Frischen et al., 2007). Although most social cuing studies have focused on gaze, other social cues such as pointing gestures and head orientation are also known to elicit attention-shifting effects in healthy individuals (Belopolsky et al., 2008; Cazzato et al., 2012; Fischer & Szymkowiak, 2004; Langton, 2000; Langton & Bruce, 2000; Sato et al., 2010; Ulloa et al., 2015).

Some authors have used the social cuing paradigm in clinical populations such as schizophrenia (Akiyama et al., 2008; Dalmaso et al., 2013), autism spectrum disorder (ASD; Goldberg et al., 2008; Marotta et al., 2013) and attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD; Marotta et al.,

2014), in order to investigate how these pathologies impact social cognition. These studies reported classical cuing effects in those populations when using non-social cues (i.e., a central arrow or a peripheral highlighted square), but not when using social cues (i.e., gaze). These results suggest that schizophrenia, ASD and ADHD are associated with a difficulty in processing social cues, which has also been shown in studies using eye tracking (Airdrie et al., 2018; Asgharpour et al., 2015; Chawarska & Shic, 2009; Jones et al., 2008; Temeltürk et al., 2023). In these populations, difficulties in following social cues could be linked to an impairment in social cognition (for a meta-analysis in each pathology, see Bora & Pantelis, 2016; Savla et al., 2013; Velikonja et al., 2019).

Previous studies investigating the ability to follow social cues in clinical populations based their conclusions on mean performances of groups of individuals. However, to date, there is no psychometric tool to identify individuals who do not spontaneously follow social cues. Filling this gap is important, particularly during childhood, when diagnosis of neurodevelopmental disorders (e.g., ADHD and ASD; Sainsbury et al., 2023) and/or interventions to improve social skills are often underway (e.g., Storebø et al., 2019). For instance, social deficits are described in 22% of children with ADHD (Greene et al., 1997) and are considered one of the most negative consequences of the disorder (for several reviews, Hoza, 2007; McQuade & Hoza, 2008; Nijmeijer et al., 2008; Nixon, 2001; Ros & Graziano, 2017). These deficits have been linked to impairments in social cognition, specifically in attending and responding to social cues (Airdrie et al., 2018; Marotta et al., 2014, 2017; Temeltürk et al., 2023). Importantly, not all children with ADHD present deficits in the social sphere and, to date, very few psychometric tools can detect such deficits in childhood (McCauley et al., 2012; Thompson et al., 2018). Thus, identifying children with ADHD who do not spontaneously follow social cues should help refine cognitive remediation therapy.

In ASD, for example, an early dysfunction in gaze processing is widely explored as a specific marker of the pathology (Papagiannopoulou et al., 2014). To our knowledge, eye-tracking is the only tool that has been developed to help identify such a dysfunction, usually in preschool children (Sadria et al., 2019; Wan et al., 2019). However, eye-tracking is an expensive method that requires training. Moreover, the diagnosis of ASD cannot always be established in preschool ages. Some children are referred late for diagnostic evaluation, while others receive early evaluations but are not diagnosed until later, when symptoms emerge or increase

(Davidovitch et al., 2015; Ozonoff et al., 2018). Thus, new tools need to be developed to aid clinicians in the diagnosis of these children (Sadria et al., 2019).

In this study, we collected normative data using a tool that assesses the ability to follow social cues in typically developing children ages 6 to 10, which is when interventions to improve social skills are often implemented (e.g., Storebø et al., 2019). These norms could allow neuropsychologists to identify deficits in following social cues in any given child.

Furthermore, this tool aims to measure the ability to follow social cues as realistically as possible, as most studies to date have used photographs or drawings of faces (Bayliss et al., 2006; Galfano et al., 2012; Marotta et al., 2014; Sato et al., 2016; Tipples, 2008; Ulloa et al., 2018), or pictures or videos of isolated hands with pointing fingers (Belopolsky et al., 2008; Cazzato et al., 2012; Fischer & Szymkowiak, 2004; Gregory et al., 2016; Sato et al., 2010; Ulloa et al., 2015). The cue and the target are usually decontextualized (presented against a black or white background). In contrast, here, we use videos of real people showing everyday objects in an everyday life environment. With this ecological concern in mind, we not only manipulated a gaze condition in which the model orients his/her gaze toward the left or the right, but also a pointing condition in which the model orients his/her gaze, head and arm toward the given location.

Manipulating Gaze and Pointing has clinical relevance, as some individuals may respond to Pointing but not Gaze. Several factors support this hypothesis. First, using a repetition-suppression paradigm, Bayliss et al. (2011) demonstrated that response to gaze cues in a Posner-like paradigm was not suppressed by responses to pointing gestures, suggesting that the two mechanisms are not subtended by the same neural network. Second, the movement of a pointing gesture is much more obvious than a gaze deviation, which results in a greater cuing effect, especially in children (Gregory et al., 2016, but see also Lu & van Zoest, 2023 in adults). This should be particularly true in real life, where people may direct their attention with gaze movement only, but rarely point their finger toward a given direction while turning their gaze and head in another. Thus, in real life, combining gaze, head and arm/finger orientation likely potentiates cuing effects. In line with this view, cells in the superior temporal sulcus specialized in processing social cues have been shown to be more active when several social cues are oriented in the same direction (Perrett et al., 1992).

Few studies have investigated the developmental trajectories of the social cuing effect in children. Neath et al. (2013) showed that 7-year-old children had a gaze cuing effect that

decreased with age until 12-13 years old, which is when adult level performance was reached. Kuhn et al. (2011) and Ristic et al. (2002) also showed that 3-5 and 10-year-old children presented larger gaze cuing effects than adults. Using a saccadic task, Gregory et al. (2016) showed that the cuing effect of pointing, contrary to gaze, decreased with age from 3 to 10 years. Overall, these studies suggest that social cuing effects decrease with age, probably because of the development of executive functions (e.g., inhibition abilities; Kramer et al., 2005) resulting from the maturation of the prefrontal cortex (Moriguchi & Hiraki, 2013). Since we calibrated our tool in children 6 to 10 years old, our work provides the first data investigating the developmental trajectory of social cues processing using ecologically valid stimuli.

While several studies have shown stronger gaze cuing effects in women than men using a Posner-like paradigm (Alwall et al., 2010; Bayliss et al., 2005; Deaner et al., 2006; McCrackin & Itier, 2019), other studies have not reported gender effects (Chacón-Candia et al., 2020; Narison et al., 2020). To our knowledge, no study has investigated this issue in children, and the effect of gender on processing pointing gestures has never been examined in any population. Here, we also analyzed the differences between girls and boys on social cuing effects to determine whether the normative data must consider gender.

Finally, to examine the test-retest reliability of our tool, we tested a supplementary group of children twice, with an interval of three weeks. Indeed, test-retest reliability is an important psychometric property, which allows us to identify whether performance on our tool is stable over time (Calamia et al., 2013; Strauss et al., 2006).

In summary, our main objective was to provide the normative data of a computerized tool that will allow clinicians to identify if a given child with a neurodevelopmental disorder (e.g., ADHD or ASD) has difficulty in following social cues, in order to guide diagnosis and/or cognitive remediation therapy. For this purpose, we calibrated the tool in typically developing children ages 6 to 10 years old. Since we used stimuli representative of daily life, these data would allow us to investigate: (1) the difference between gaze cues (i.e., gaze condition) and a combination of gaze, head and pointing gestures (i.e., pointing condition) on attentional orientation in school-aged children; (2) the effect of gender and age on the ability to follow social cues in typically developing children and (3) the test-retest reliability of the tool, by testing a supplementary group of children twice in three weeks.

METHOD

Participants

A total of 438 children from 16 elementary schools in Ile-de-France participated in the study that aimed to calibrate the tool. Among the 438 children, 81 were excluded for different reasons: (1) the child had a neurological or psychiatric disorder reported by his/her parents; (2) there were computer problems during the test; (3) the parents did not answer the child questionnaire; (3) the child had uncorrected vision problems; (4) the test was interrupted due to fatigue or another factor; (5) the child had repeated a school year; (6) the child did not understand the instructions or did not concentrate during the test; (7) the child was over 10 or under 6 years old.

Of the 357 children that met inclusion criteria, 18 were excluded based on their data (see statistical analyses for reasons of exclusion). Thus, 339 6- to 10-year-old participants (M = 101 months, SD = 16.7, 169 girls) were included in the collection of normative data. Among these children, 67 were 6 years old (M = 78 months, SD = 3.2, 37 girls), 69 were 7 years old (M = 90 months, SD = 3.8, 26 girls), 76 were 8 years old (M = 102 months, SD = 3.3, 45 girls), 64 were 9 years old (M = 113 months, SD = 3.0, 33 girls) and 63 were 10 years old (M = 125 months, SD = 3.7, 28 girls).

In addition, a second group of 28 6- to 10-year-olds (M = 103 months, SD = 17.4, 17 girls) who did not participate in the calibration was tested at two different times to examine the tool's test-retest reliability.

All children had perfect or corrected-to-perfect vision, understood French perfectly and had no history of brain injury or other neurological or psychiatric disorders. All parents of the children were informed of the goal of the study and provided written informed consent, according to institutional ethics committee guidelines. The procedure was approved by The Ethics Committee of the Department of Psychology of Paris Nanterre University. Table 1 shows participants' demographic characteristics and their test results.

Table 1. Participant characteristics.

	6 y.o. (n = 67)	7 y.o. (n = 69)	8 y.o. (n = 76)	9 y.o. (n = 64)	10 y.o. (n = 63)	Total (n = 339)
Demographic data						
Age, months Mean (SD)	78 (3.2)	90 (3.8)	102 (3.3)	113 (3.0)	125 (3.7)	101 (16.7)
Girls Number (%)	37 (55.2)	26 (37.7)	45 (59.2)	33 (51.6)	28 (44.4)	169 (49.9)
Test performance Mean (SD)						
Visual attention Total	15.5 (5.0)	17.8 (5.0)	20.4 (5.0)	21.3 (4.5)	24.2 (5.1)	19.8 (5.7)
Visual attention Precision	33.3 (4.3)	34.7 (3.7)	35.3 (4.3)	36.2 (2.4)	36.8 (2.3)	35.2 (3.7)
Visual attention Speed	204 (38.0)	184 (43.5)	165 (40.1)	159 (36.6)	136 (36.8)	170 (44.9)
SDQ Total difficulties	10.9 (6.1)	11.2 (5.5)	10.5 (5.6)	10.3 (5.9)	9.1 (5.6)	10.4 (5.8)
SDQ Emotional problems	3.5 (2.6)	2.9 (2.0)	2.7 (2.2)	2.8 (2.4)	2.5 (2.1)	2.9 (2.3)
SDQ Behavioral problems	2.0 (1.8)	2.7 (1.9)	2.4 (1.9)	2.4 (1.7)	2.2 (2.0)	2.3 (1.9)
SDQ Hyperactivity / Inattention	3.0 (2.4)	3.0 (2.2)	3.1 (2.4)	3.3 (2.6)	3.0 (2.3)	3.1 (2.4)
SDQ Peer problems	2.5 (1.7)	2.6 (1.8)	2.3 (1.7)	1.8 (1.4)	1.4 (1.3)	2.1 (1.7)
SDQ Prosocial	7.7 (1.7)	8.1 (1.8)	8.1 (1.6)	8.1 (1.7)	7.9 (1.5)	8.0 (1.7)

SD = Standard Deviation; SDQ = Strengths and Difficulties Questionnaire

Material

Computerized tool (TooN)

The tool for diagnosing other's gaze following in neuropsychological disorders (TooN) was developed by Jawel Mersali (independent computer engineer) in Python language. It is based on Posner's paradigm but uses videos of real people sitting at a desk and gazing and/or pointing at everyday objects.

Videos. Thirteen (13) models ages 21 to 45 years old (M = 35.2, SD = 9.8, 7 women) were filmed individually in a recording studio. Models wore a black T-shirt and those with long hair wore it tied. Each video was filmed with the same lighting conditions against a green background. Lighting was achieved with a spotlight spreading a homogeneous light. In each video, models were sitting at a desk, facing the camera. The shot was steady and wide, in order to include the edges of the desk, as well as the model's face and chest.

For each model, five videos were shot: one video in which the model looked straight ahead with his/her hands on the desk; two videos in which the model looked straight ahead with his/her hands on the desk and gaze turned to the side without moving the body (right side in one video, left in the other); and two videos in which the model looked straight ahead with his/her hands on the desk and then pointed a finger to one side of the desk, also turning his/her face and gaze to the right side of the desk in one video, and to the left on the other. We thus made five videos for each model: Neutral, Gaze Right, Gaze Left, Pointing Right and Pointing Left. The Neutral video was only used to pre-test the stimuli.

In each video, the model displays a neutral facial expression. Videos were cut in order that 1.5 seconds precede the movement's onset (of gazing or pointing), and 4.5 seconds follow the movement's onset. A background presenting a room with a window, a dark background, white walls, wooden ceiling and a plant was inlaid in every video to replace the green background.

The videos were pre-tested on 22 participants ages 20 to 49 years old (M = 24.9, SD = 7.6, 14 women). After viewing each video containing no movements or objects, participants scored how "sympathetic" the model seemed, on a Likert scale from 1 to 7. Then, after viewing each video that showed the completion of a movement, they assessed to what extent the model's movement looked natural (also 1 to 7). We then selected 8 models ages 21 to 45 years old (M = 31.7, SD = 9.2, 4 women) who exceeded a score of 3.5 in Sympathy and 3.25 in Natural aspect of the movement (for both gaze and the pointing gesture). A bilateral t-test showed that, on average, pointing gestures (M = 3.7, SD = 0.4) were rated as slightly less natural than gaze movement (M = 4.0, SD = 0.3), $t(21) = 2.45$, $p < .05$, $d = 0.41$. An additional model (a woman) was selected for demonstration trials.

Objects. A total of 15 freely available pictures of common objects used in daily life were chosen from the internet. They included a stapler, a notebook, a pair of scissors, keys, glasses, a cup, a toy, a watch, a wallet, a mobile phone, a computer mouse, a pen, a teacup, a pencil case, and scotch tape. We used Photoshop to create images with each of the objects on a

transparent background so that they could be superimposed onto the desk. Objects were centered into a picture 170 pixels in length and 128 pixels in width. In the Gaze condition, the object appeared next to the model's head, so that the gaze faced the side on which the object appeared in congruent trials. In the Pointing condition, the object appeared on the desk, so that the pointing gesture indicated the side on which the object appeared. Using the Mirror tool, we created two layouts for each object, one adapted to the right side and the other to the left side.

Objects were pre-tested on the same 22 participants who tested the videos. At each trial, a shot of the desk, taken in the same conditions and inlaid with the same background as all other videos (but with an empty chair behind the desk) was presented for 1.5 seconds. Then, one of the 15 objects appeared either on the left (for half of the objects) or on the right for 2 seconds. This presentation was randomly chosen by the simulation program and changed for each participant. For every object, the participant had to indicate which object they saw (by tapping the name of the object on the keyboard), and judge to what extent the object is useful in everyday life (on a Likert Scale from 0 to 3). We selected eight objects that were unanimously recognized and that exceeded 1.5 points in usefulness. These were the stapler, the notebook, the pair of scissors, the glasses, the watch, the mobile phone, the pen, and the scotch tape.

Procedure and conditions. Two sequences of 60 trials each were presented using TooN, each in an order randomly chosen by the program. Each trial started with a blue fixation circle presented for 500 milliseconds (ms). The circle covered 7.8% of the screen width in pixels and appeared at 50% of the screen in width and 23% in height, approximatively at the level of the model's head that appeared afterwards. Then, a video appeared in one of the four conditions (Gaze Right, Gaze Left, Pointing Right, Pointing Left). Afterwards, an object appeared on the target side (of the gaze or pointing finger, i.e., congruent trials) or on the opposite side (i.e., incongruent trials). Thus, four conditions were tested: Congruent Gazing, Incongruent Gazing, Congruent Pointing, Incongruent Pointing (see Figure 1 for an illustration of the four conditions and Figure 2 for an illustration of the time course of an experimental trial in the Gaze and Pointing conditions). The object appeared 2.4 seconds after the video's onset in the Gaze condition and 2.8 seconds after the video's onset in the Pointing condition.

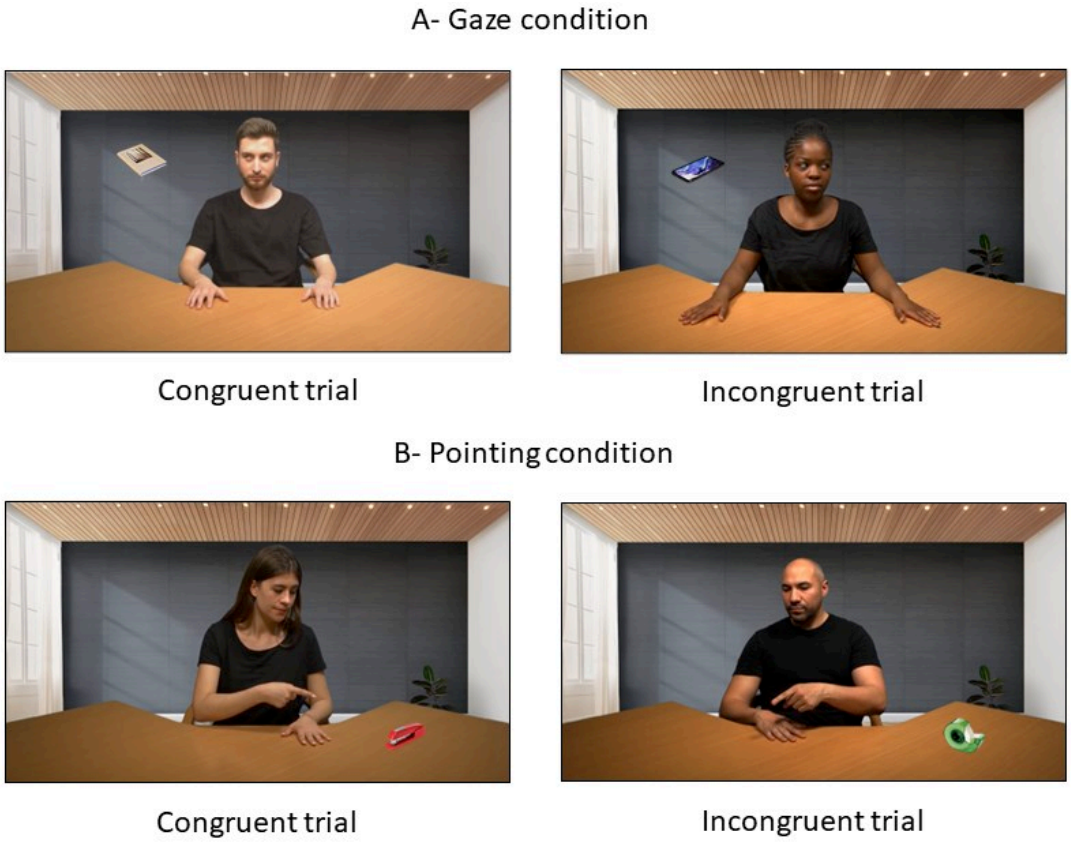

Figure 1: Illustration of four trials. A- Gaze condition. The model deviates his/her gaze to the right or the left and the object appears on the side indicated by the model (***Congruent trial***) or on the opposite side (***Incongruent trial***). **B- Pointing condition.** The model orients his/her gaze, head, and finger to the right or the left and the object appears on the side indicated by the model (***Congruent trial***) or on the opposite side (***Incongruent trial***).

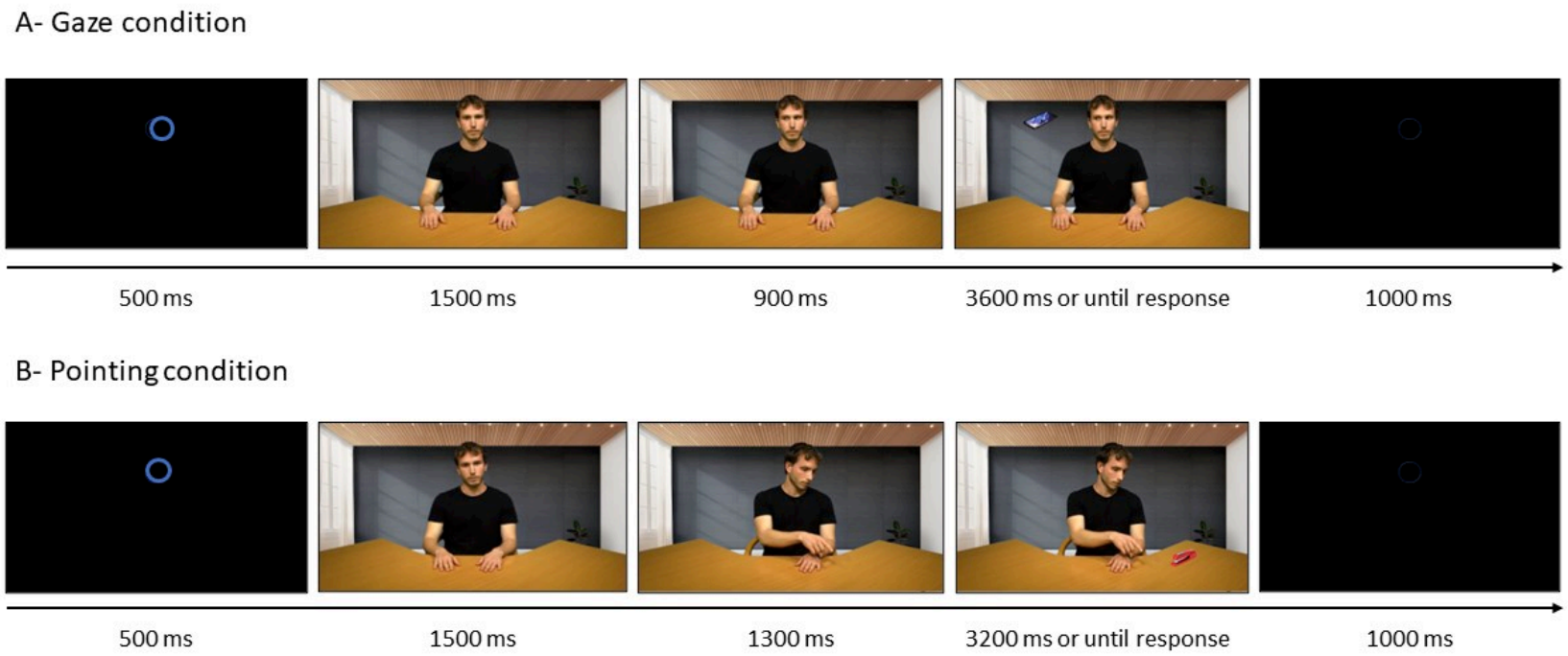

Figure 2: Time course of an experimental trial in the Gaze and Pointing conditions. All trials started with a blue fixation circle that appeared for 500 ms at the level of the head of the model, which appeared after. Participants were asked to maintain their attention on the fixation circle and then on the model's head until the object appeared, at which time they were free to initiate eye movements. All videos lasted 6 seconds. **A- Gaze condition.** The model initiated the gaze movement 1500 ms after video onset. Then, the object appeared 900 ms after the initiation of the gaze movement and the child participant had 3600 seconds to press the button. When he/she responded, or at the end of the 3600 seconds, the video ended, and a black screen appeared (for 1000 ms) before a new trial started. **B- Pointing condition.** The model initiated the pointing, head or gaze movement 1500 ms after video onset. Then, the object appeared 1300 ms after the initiation of the movement and the child had 3200 seconds to press the button. When the participant responded, or at the end of the 3200 seconds, the video ended, and a black screen appeared (for 1000 ms), before a new trial started.

In the Gaze condition, the object appeared on the gazed spot or on the opposite side (i.e., next to the model's face at 23% of the screen in height), at around 12° of visual angle on the x-axis. In the Pointing condition, objects appeared on the pointed spot or on the opposite side (i.e., on the desk at 76% of the screen in height), at 12° of visual angle on the x-axis. The objects appearing next to the model's head were reduced in size by 15% to look more natural.

In each sequence, there were 48 trials with objects and 12 without objects. Among the 48 trials with objects, 32 were congruent and 16 were incongruent (with half of the trials pointing/gazing to the right and half to the left). Thus, there were 16 congruent trials and eight incongruent trials for each cuing condition (Gaze and Pointing). The eight models and the eight objects were seen twice in each congruent condition (once on the left and once on the right) and once in each incongruent condition (half of the objects and models on the left and half on the right). An additional 12 trials without objects were added (i.e., catch trials) to make sure participants waited for the object to appear to press the button. For the catch trials, each model was presented again one or two times, in a randomly picked condition, so that every four conditions (2 *Cues (Gaze / Pointing) x 2 Fields (Left / Right)*) were seen three times. The distribution of the trials was based on an algorithm close to the Fisher–Yates, to ensure there would not be three catch trials in a row, and that the models were uniformly distributed.

The children's task was to press the space bar as fast as possible as soon as an object appeared, or, if none appeared, to not answer. They pressed the space bar with their dominant hand. Once the answer was given or after the video's offset, the next trial began. The order of appearance of the trials in each sequence was random and changed for each participant.

Additional neuropsychological assessments

In addition to TooN, children in the normative group also completed the Strengths and Difficulties Questionnaire (SDQ) and the visual attention test of the NEPSY-I. Children in the test-retest group also completed the fruit Stroop test and the Reading the Mind in the Eyes Test (RMET). These tests were always administered between the two sequences to calibrate time (~10 minutes) and activity during this period. For exploratory purposes, we chose tests measuring abilities that are theoretically associated with the ability to follow social cues (i.e., social skills, visual attention, inhibition and theory of mind).

The French Version of the Self-Report Strengths and Difficulties Questionnaire (SDQ; Capron et al., 2007; Goodman et al., 1998, 2003) assesses behavioral and social functioning. This questionnaire contains 25 items divided into 5 scales: emotional symptoms, behavioral

problems, hyperactivity/inattention, relationship problems and prosocial behavior. It provides a score for each subscale and a total difficulty score is obtained by adding together all the subscales except prosocial behavior. The items are scored on a Likert-type scale from 1 (not true) to 3 (completely true). On all the scales, a higher score means that the child has more difficulties, except the prosocial behavior scale, in which a higher score implies fewer difficulties. The SDQ questionnaire was completed by each child with the help of an investigator, who read the questions aloud. Although mean scores obtained by children on each scale can be found in Table 1, only the relational difficulties scale and the prosocial scale were used in the analyses to assess social skills.

In the visual attention test of the NEPSI-I (Korkman, 1998), the child is instructed to select only the items that match the target stimuli on the page containing both targets and distractors. It is composed of two subtests. In the cat subtest, children are asked to identify a target image (a cat) among randomly assigned distractors. In the faces subtest, which is a more complex visual attention task, the child must quickly locate and compare two target faces in a row. In the two subtests, the number of targets found (20 points maximum for each subtest), the number of mistakes and the time taken to find all the targets were rated. We thus collect three scores across both subtests: precision (i.e., the difference between the number of correct responses and the number of mistakes), speed (i.e., the time taken to complete the two subtests) and a global score of attention performance that included speed and precision.

The adapted version of Catale et al. (2014) of the fruit Stroop test (Archibald & Kerns, 1999) assesses children's inhibition abilities. This version is composed of three conditions. In the first condition, children are asked to name the color of 45 rectangles presented in three different colors (i.e., yellow, green or red). In the second condition, children must name the color of 45 pictures of different fruits that are colored black (i.e., strawberry, pear or banana). The two first conditions are control measures that allow us to calculate baseline naming speed and to verify if children know the color of the fruits that are presented. In the last condition (interference), children are asked to name the color of 45 pictures of the previously named fruits. However, these fruits are printed in a color that does not correspond to their usual color (e.g., a green banana). Children have to inhibit the color they perceive and give the real color of the fruit. In each condition, we recorded the time taken to name the colors or fruits and the number of mistakes. The inhibition score was obtained by calculating the difference between the time

taken to name fruits in the third condition and the time taken to name colors in the first condition.

The French version of the Reading the Mind in the Eyes Test for children[47] (Baron-Cohen et al., 2001) was used to assess theory of mind abilities. In this task, 28 photographs of the eyes of 28 women and men were presented accompanied by four words describing emotions. For each picture, the child was asked to select the word that best describe the way the person feels. A score of 1 was given for each correct answer, for a total maximum score of 28 points.

Procedure

Each child was seated individually in a quiet room of his/her school to avoid auditory and/or visual distractions. TooN was administered first. Tests were conducted on different portable computers with screen size ranging from 12'' to 15.6'' and resolution between 1366x768 and 1920x1080. In each test, the computer was centered relative to the median of the participant's body and the distance between the child and the screen was measured for each computer so that the objects appeared at approximately the same visual angle in the periphery. Between the first and second sequences of TooN, the 339 children in the normative group were invited to answer the SDQ questionnaire and the visual attention test. The 28 children who participated in the test-retest reliability but did not participate in the normative data were seen twice. In session 1, half of the children were invited to answer the fruit Stroop test and the other half the RMET. In session 2, children answered the test that they did not answer in session 1.

Data analysis and normative data calculations

Data exclusions

We computed the Percentage of Correct Responses (%CR) and the Reaction Times (in ms) of the correct responses in trials without objects (RTs). RTs inferior to 200 ms and exceeding three standard deviations above the mean (per subject and per condition) were rejected (0.76% of the total number of trials). Of the 357 children who participated, 18 were excluded from all the analyses: 15 had abnormally small %CR (reaching 3 standard deviations below the group mean) and the remaining three children had abnormally long RTs (exceeding 3 standard deviations from the group mean).

[47] The child version in French can be found at the following link: https://www.autismresearchcentre.com/tests/

Analysis of performance

All %CRs and RTs were submitted to a repeated measures analysis of variance (ANOVA) with Sequence (Sequence 1 vs. Sequence 2), Cue (Gaze vs. Pointing), and Congruency (Congruent vs. Incongruent) as within-subjects factors and Gender (Girls vs. Boys) and Age (6 vs. 7 vs. 8 vs. 9 vs. 10) as between-factors. Then, for each type of cue (Gaze vs. Pointing), we estimated the cuing effect by calculating differences between congruent and incongruent trials (RTs for the Incongruent trials – RTs for the Congruent trials). For each age group (6 vs. 7 vs. 8 vs. 9 vs. 10), the normality of cuing effects was tested with the Kolmogorov-Smirnov (K-S) test and their significance was tested with a two-tailed t-test against 0. These cuing effects were also submitted to an ANOVA with Sequence (Sequence 1 vs. Sequence 2) and Cue (Gaze vs. Pointing) as within-subjects factors and Gender (Girls vs. Boys) and Age (6 vs. 7 vs. 8 vs. 9 vs. 10) as between-factors. For all ANOVAs conducted, the partial eta squared (η^2_p) values are indicated when an effect was significant. When interaction was observed, post-hoc tests with Bonferroni correction were performed and Cohen's d was used to determine the effect size.

Normative data calculation

To indicate the level of performance of a given child on each RT and cuing effect measure, TooN automatically computes individual z-scores after each test, based on the normative data obtained in the present work. Z-scores of RTs (for each condition in sequence 1, in sequence 2 and in both sequences, namely Gaze Congruent, Gaze Incongruent, Pointing Congruent, Pointing Incongruent) and of cuing effects (Pointing and Gaze separately in sequence 1, in sequence 2 and in both sequences) are based on regression analyses conducted separately for girls and boys with age as a regressor. To show the rationale of this approach, we present the results of the regression analyses conducted with Age as a regressor and Gender as a between-subjects factor. For accuracy scores (global %CR, omissions and false alarms), TooN indicates whether the patient's score is below or above the 5th percentile rank. The details on how the norms were calculated are explained below.

Exploratory analyses conducted with other neuropsychological assessments

Correlations with visual attention and social skills and t-test analyses. In the group of 339 children included in the normative data, we conducted correlation analyses between the scores obtained on TooN and those obtained on the visual attention test and the SDQ questionnaire. First, we examined the correlation of gaze and pointing cuing effects with results on the SDQ

questionnaire (prosocial behavior and relational difficulties). Second, we investigated the correlation of global RT and global %CR with results on the visual attention test (speed, precision, and total scores). All analyses were conducted controlling for age, and p-values were adjusted with Bonferroni corrections. For further details, t-test analyses for independent samples were conducted to compare girls and boys on their performance on the SDQ (prosocial behavior and relational difficulties) and the visual attention test (total score). Cohen's d was used to determine the effect size.

Correlations with inhibition and theory of mind abilities. In the group of 28 participants included in the test-retest reliability data, we examined the correlations between the scores obtained on the first session of TooN and the results obtained on the RMET and the Stroop test. More precisely, we examined correlations between gaze and pointing cuing effects and the score obtained on the RMET. Moreover, we conducted correlation analyses of gaze and pointing cuing effects, false alarms, and global %CR with the inhibition score of the Stroop test (i.e., the difference between the time to complete the task in the third condition and the time to complete the task in the first condition). Other analyses were conducted to examine the correlation of cuing effects, false alarms, and global %CR with mistakes in the third condition of the Stroop test. All analyses were conducted controlling for age, and p-values were adjusted with Bonferroni corrections.

Test-retest reliability

First, for the group of 28 participants, we estimated the Gaze and Pointing cuing effects by calculating differences between RTs on congruent and incongruent trials. Then, a repeated measures ANOVA on cuing effects was conducted with Session (Session 1 vs. Session 2) and Cue (Gaze vs. Pointing) as within-subjects. Second, for each session, we calculated z-scores of the congruent and incongruent RTs in the gaze and pointing conditions, as well as the z-scores of the gaze and pointing cuing effects. Z-scores were calculated based on the normative data (see below). Finally, we examined test-retest reliability by computing the correlation coefficients between these variables at sessions 1 and 2.

Data availability

Raw data will be publicly shared in OSF (https://osf.io/).

RESULTS

%CR analyses

Participants performed very well on all conditions (M = 98.5, SE = 0.1). The ANOVA showed an effect of Cue, F (1.329) = 18.85, $p < .001$, $\eta^2_p = 0.05$. Children had higher %CR in Gaze (M = 98.9, SE = 0.1) than in the Pointing condition (M = 98.3, SE = 0.1). The ANOVA also revealed an effect of Age, F (4.329) = 9.63, $p < .001$, $\eta^2_p = 0.10$. Post-hoc analyses showed that 10-year-old children (M = 99.5, SE = 0.3) had higher %CRs than 6- and 7-year-old children (6 years: M = 97.4, SE = 0.3, $p < .001$, d = 0.96; 7 years: M = 98.3, SE = 0.3, $p < .05$, d = 0.53). Moreover, 8-year-old (M = 98.8, SE = 0.2) and 9-year-old children (M = 99.1, SE = 0.3) also had higher %CRs than 6-year-old children (8 years: $p < .001$, d = 0.64; 9 years: $p < .001$, d = 0.77). The ANOVA also showed an effect of Sequence, F (1.329) = 10.47, $p < .01$, $\eta^2_p = 0.03$: children performed better in Sequence 1 (M = 98.9, SE = 0.1) than in Sequence 2 (M = 98.3, SE = 0.2). For each age group, %CRs are presented according to Sequence and Cue in Table 2.

Table 2. Means and Standard Errors (SE) for Percentage of Correct Responses (%CR) in trials with objects depending on Cue (Gaze vs. Pointing), Sequence (Seq1 vs. Seq2) and Age (6 vs. 7 vs. 8 vs. 9 vs. 10).

Mean (SE)	Gaze			Pointing		
	Seq1	Seq2	Total	Seq1	Seq2	Total
6 years	98.4 (0.3)	97.1 (0.4)	97.8 (0.3)	97.9 (0.4)	96.3 (0.5)	97.1 (0.3)
7 years	99.7 (0.3)	98.1 (0.4)	98.9 (0.3)	98.0 (0.4)	97.5 (0.5)	97.8 (0.3)
8 years	99.0 (0.3)	99.1 (0.4)	99.1 (0.3)	98.6 (0.3)	98.5 (0.4)	98.6 (0.3)
9 years	99.7 (0.3)	99.2 (0.4)	99.4 (0.3)	99.0 (0.4)	98.5 (0.5)	98.8 (0.3)
10 years	99.4 (0.3)	99.5 (0.4)	99.5 (0.3)	99.7 (0.4)	99.3 (0.5)	99.5 (0.3)

RT analyses

The ANOVA on RTs showed an effect of Cue, $F(1.329) = 107.36$, $p < .001$, $\eta^2_p = 0.25$. Children were faster in the Pointing ($M = 662$, $SE = 10$) than in the Gaze condition ($M = 697$, $SE = 10$). The analysis also revealed an effect of Congruency, $F(1.329) = 356.77$, $p < .001$, $\eta^2_p = 0.52$: children had smaller RTs in the Congruent ($M = 644$, $SE = 10$) compared with the Incongruent condition ($M = 715$, $SE = 11$). We also observed an interaction effect between Cue and Congruency, $F(1.329) = 51.86$, $p < .001$, $\eta^2_p = 0.14$. Post-hoc analyses showed, however, that children were faster on Congruent than Incongruent trials, in both the Pointing (Congruent: $M = 616$, $SE = 10$; Incongruent: $M = 708$, $SE = 11$; $p < .001$, $d = 0.43$) and Gaze conditions (Congruent: $M = 672$, $SE = 10$; Incongruent: $M = 723$, $SE = 11$, $p < .001$, $d = 0.22$). The interaction thus suggests a greater cuing effect of Pointing relative to Gaze (see analyses on cuing effect below).

The analysis also revealed an effect of Gender, $F(1.329) = 16.39$, $p < .001$, $\eta^2_p = 0.05$: boys ($M = 639$, $SE = 14$) were faster than girls ($M = 720$, $SE = 14$). We also showed an interaction between Gender and Congruency, $F(1.329) = 6.34$, $p < .05$, $\eta^2_p = 0.02$. However, post-hoc analyses showed that Girls and Boys were both faster on Congruent (Girls: $M = 680$, $SE = 14$;

Boys: M = 608, SE = 14) than Incongruent trials (Girls: M = 761, SE = 15; Boys: M = 670, SE = 15), all ps < .001, all ds > 0.33. The interaction thus suggests a greater cuing effect in Girls than in Boys (see analyses on cuing effects below). There was also an effect of Sequence, F (1.329) = 23.86, p < .001, η^2_p = 0.07: children had slower RTs in Sequence 1 (M = 696, SE = 11) than in Sequence 2 (M = 663, SE = 10).

Analyses also showed an effect of Age, F (4.329) = 25.54, p < .001, η^2_p = 0.24. Indeed, 10-year-old children (M = 522, SE = 23) had faster RTs than all other groups (all ps < .001, all d > 1.98, except 10 vs. 9, in which p < .05, d = 0.55). Moreover, 9-year-old children (M = 624, SE = 23) were also faster than 6- and 7-year-old children (6 years: M = 832, SE = 23, p < .001, d=1.14; 7 years: M = 720, SE = 23, p < .05, d = 0.43). Finally, 8- (M = 700, SE = 21) and 7-year-old children were also faster than 6-year-old children (8 years: p < .001, d = 0.70; 7 years: p < .01, d = 0.71). The ANOVA also showed an interaction between Age and Congruency, F (4.329) = 6.99, p < .001, η^2_p = 0.08. However, all age groups were faster on Congruent than Incongruent trials (all ps < .001, d > 0.33, except for 10-year-olds, for whom p < .01, d = 0.27). The interaction suggests that cuing effects vary with age (see analyses on cuing effects below). For each age group and gender, RTs are presented in Table 3 according to Cue, Congruency and Sequence.

Table 3. Means and Standard Errors (SE) for Reaction Times (RT) depending on Cue (Gaze vs. Pointing), Congruency (Congruent vs. Incongruent), Sequence (Seq1 vs. Seq2), Age (6 vs. 7 vs. 8 vs. 9 vs. 10) and Gender (Girls vs. Boys).

Mean (SE)		Gaze						Pointing					
		Congruent			Incongruent			Congruent			Incongruent		
		Seq1	Seq2	Total	Seq1	Seq2	Total	Seq1	Seq2	Total	Seq1	Seq2	Total
Girls	6 y.o.	878 (39.8)	871 (44.5)	875 (38.1)	935 (43.5)	947 (39.3)	938 (35.0)	795 (40.6)	795 (39.9)	795 (36.6)	952 (48.2)	907 (39.2)	930 (40.3)
	7 y.o.	772 (43.4)	725 (35.6)	749 (36.8)	853 (52.1)	832 (50.6)	841 (44.9)	706 (41.2)	664 (35.1)	685 (36.5)	822 (49.7)	792 (42.1)	807 (41.6)
	8 y.o.	734 (37.6)	716 (38.8)	725 (36.5)	805 (40.9)	782 (42.2)	792 (39.3)	674 (35.6)	667 (32.3)	670 (32.8)	795 (44.5)	732 (33.7)	764 (37.4)
	9 y.o.	663 (35.0)	614 (29.4)	638 (30.5)	744 (42.4)	685 (34.5)	714 (36.2)	617 (31.6)	576 (26.7)	596 (27.5)	692 (37.0)	647 (31.1)	670 (32.0)
	10 y.o.	583 (35.8)	518 (25.2)	550 (29.8)	593 (32.0)	549 (26.2)	571 (28.2)	547 (30.4)	481 (20.8)	514 (24.3)	613 (35.2)	543 (24.2)	578 (28.7)
Boys	6 y.o.	761 (36.0)	798 (36.8)	780 (34.6)	845 (41.1)	800 (41.8)	821 (35.3)	698 (34.4)	689 (30.5)	694 (30.3)	829 (34.7)	809 (46.0)	820 (37.5)
	7 y.o.	675 (25.3)	643 (23.7)	660 (22.3)	753 (31.8)	676 (30.9)	714 (28.3)	610 (24.5)	599 (30.3)	605 (25.4)	735 (36.3)	658 (30.6)	696 (30.6)
	8 y.o.	655 (32.2)	665 (36.1)	660 (31.8)	691 (32.9)	722 (40.7)	706 (34.7)	607 (32.8)	597 (37.1)	601 (33.1)	689 (30.5)	676 (39.8)	683 (31.7)
	9 y.o.	632 (41.7)	547 (25.9)	590 (32.3)	648 (40.7)	581 (27.8)	614 (33.0)	572 (34.3)	500 (21.1)	536 (26.3)	673 (43.8)	592 (31.9)	633 (35.8)
	10 y.o.	501 (17.1)	488 (22.3)	494 (18.8)	516 (21.2)	496 (18.5)	506 (18.1)	468 (16.2)	448 (15.7)	458 (15.0)	521 (24.6)	488 (20.7)	504 (20.9)

Analyses on cuing effects

The ANOVA confirmed an effect of Cue on cuing effects, $F(1.329) = 51.86$, $p < .001$, $\eta^2_p = 0.14$: children had a larger cuing effect in the Pointing ($M = 92.8$, $SE = 4.7$) than in the Gaze condition ($M = 50.7$, $SE = 4.9$). The analyses also confirmed an effect of Gender, $F(1.329) = 6.34$, $p < .05$, $\eta^2_p = 0.02$: Girls ($M = 81.4$, $SE = 5.4$) had a larger cuing effect than Boys ($M = 62.2$, $SE = 5.3$). As expected, the effect of Age was also significant, $F(4.329) = 6.98$, $p < .001$, $\eta^2_p = 0.08$. Post-hoc analyses showed that 10-year-old children had a smaller cuing effect (M =

35.8, SE = 8.8) than 6-year-olds (M = 92.3, SE = 8.5; $p < .001$, $d = 0.83$), 7-year-olds (M = 90.9; SE = 8.6; $p < .001$, $d = 0.74$) and 8-year-olds (M = 72.3, SE = 8.1; $p < .05$, $d = 0.56$), but the difference with 9-year-olds did not reach significance (M = 67.6, SE = 8.6; $p = .10$, $d = 0.48$). No other effect or interaction was found. For each age group and gender, Gaze and Pointing cuing effects are presented in Table 4.

Table 4. Means and Standard Errors (SE) for Gaze and Pointing cuing effects based on Gender (Girls vs. Boys) and Age (6 vs. 7 vs. 8 vs. 9 vs. 10).

Mean (SE)	Gaze		Pointing	
	Girls	Boys	Girls	Boys
6 y.o.	66.4 (14.6)	42.8 (16.2)	134.7 (14.0)	125.4 (15.6)
7 y.o.	93.9 (17.4)	55.5 (13.5)	122.4 (16.7)	91.7 (13.0)
8 y.o.	69.1 (13.2)	46.4 (15.9)	93.1 (12.7)	80.7 (15.3)
9 y.o.	76.1 (15.4)	24.9 (15.9)	73.0 (14.9)	96.4 (15.3)
10 y.o.	20.6 (16.8)	11.8 (15.0)	64.4 (16.1)	46.6 (14.4)
Total	65.2 (7.00)	36.3 (6.9)	97.5 (6.7)	88.2 (6.6)

Analyses also confirmed that all cuing effects were significantly higher than 0, separately for Gaze and Pointing and for all age groups (all ps < .001, except for Gaze in 10-year-olds, $p < .01$) and that their distribution did not differ from a normal curve (see Table 5).

Table 5. Means and Standard Errors (SE) for Gaze and Pointing cuing effects in each age range with normality and t-test results.

	Gaze			Pointing		
	Mean (SE)	**t-test**	**K-S**	**Mean (SE)**	**t-test**	**K-S**
6 y.o. (N = 67)	53.7 (14.1)	t (66) = 3.81***	d = 0.10	130.8 (13.3)	t (66) = 9.83***	d = 0.11
7 y.o. (N = 69)	68.7 (11.1)	t (68) = 6.21***	d = 0.11	102.5 (10.3)	t (68) = 9.94***	d = 0.09
8 y.o. (N = 76)	58.7 (10.0)	t (75) = 5.88***	d = 0.04	88.8 (9.6)	t (75) = 9.29***	d = 0.08
9 y.o. (N = 64)	51.2 (11.1)	t (63) = 4.63***	d = 0.09	84.9 (10.1)	t (63) = 8.43***	d = 0.15
10 y.o. (N = 63)	15.7 (5.8)	t (62) = 2.70**	d = 0.05	54.1 (7.6)	t (62) = 7.07***	d = 0.16

*** $p < .001$ ** $p < .01$

Normative data calculation

RTs and cuing effects

Prior analyses revealed an effect of Age and Gender on performance (RTs and cuing effects). Our normative data will thus take into consideration these variables. For that purpose, TooN converts the raw scores obtained in each condition of interest into adjusted z-scores based on regression analyses conducted separately for girls and boys and including age as a regressor.

The formula used is the following:

$$\text{Z } score = \frac{Observed\ value - Predictive\ value}{RMSE}$$

Where:

- ***Observed value*** is the raw score of the patient.
- ***Predicted value*** is the predicted population mean score. To calculate this value, we need the intercept, the regression coefficient and the patient's age. The formula used is Intercept + Regression coefficient (or estimate) of age x Age of the patient.
- ***RMSE*** is the root mean square error of the regression equation. In other words, it is the square root of the mean squared differences between observed and predicted scores.

The rationale for calculating norms adjusted for age and gender is based on results of the ANOVA presented above and confirmed by regression analyses. First, regression analyses showed that increasing Age was associated with smaller RTs ($B = -5.60$, $SE = 0.59$, $p < .001$). These analyses also confirmed an effect of Gender ($B = -83.65$, $SE = 19.63$, $p < .001$). Analyses conducted on the sub variables (Gaze Congruent RT, Gaze Incongruent RT, Pointing Congruent RT, Pointing Incongruent RT) also showed an effect of Age and Gender (all $ps < .001$). Second, analyses on cuing effects for Gaze and Pointing revealed that increasing Age was associated with smaller cuing effects (Gaze: $B = -0.70$, $SE = 0.29$, $p < .05$, Pointing: $B = - 1.42$, $SE = 0.28$, $p < .001$). These analyses also confirmed an effect of Gender for Gaze ($B = -27.49$, $SE = 9.62$, $p < .01$), but not for Pointing ($B = -9.77$, $SE = 9.27$, $p = 0.29$). Based on these results, we chose to calculate norms using the scores resulting from the regression analyses (i.e., intercept, regression coefficients and RMSE) conducted separately for girls and boys. All data resulting from these analyses are presented in Table 6.

Table 6. Adjusted normative data (RMSE, intercept, estimate) for the calculation of z-scores associated with Cuing Effects (CE) and Reaction Times (RT) for girls and boys in each condition.

	Condition	CE or RT (ms)	Girls (N=169)			Boys (N=170)		
			RMSE	Intercept	Estimate	RMSE	Intercept	Estimate
Global	Global	RT	199	1351.30	-6,31	158	1130.52	-4,96
	Gaze	CE	94	136.52	-0,72	82	105.71	-0,68
	Gaze Congruent	RT	207	1358.45	-6,38	162	1143.03	-5.00
	Gaze Incongruent	RT	219	1494.97	-7,09	176	1248.73	-5.69
	Pointing	CE	86	256.17	-1,57	84	218.05	-1.29
	Pointing Congruent	RT	190	1212.40	-5,48	154	1007.26	-4.23
	Pointing Incongruent	RT	216	1468.57	-7,05	184	1225.31	-5.52
Seq1	Global	RT	220	1327.46	-5,91	170	1122.08	-4,74
	Gaze	CE	123	112.98	-0,51	116	213.82	-1.64
	Gaze Congruent	RT	223	1340.21	-6,03	178	1097.78	-4.47
	Gaze Incongruent	RT	248	1453.19	-6,54	196	1311.59	-6,12
	Pointing	CE	102	296.57	-1,85	108	252.65	-1.51
	Pointing Congruent	RT	212	1177.69	-5.00	166	988.46	-3.93
	Pointing Incongruent	RT	256	1474.27	-6,85	203	1241.11	-5.44
Seq2	Global	RT	200	1377.02	-6,73	163	1137.26	-5.16
	Gaze	CE	122	173.88	-1,03	111	8.43	0.18
	Gaze Congruent	RT	219	1376.41	-6,72	170	1184.70	-5.51
	Gaze Incongruent	RT	234	1550.28	-7,76	193	1193.13	-5.32
	Pointing	CE	110	213.25	-1,26	126	185.74	-1.09
	Pointing Congruent	RT	193	1246.12	-5,95	165	1023.34	-4.50
	Pointing Incongruent	RT	204	1459.37	-7,22	199	1209.09	-5.59

Accuracy

TooN provides %CRs but also the number of omissions (i.e., when an object appeared and the child did not press a button) and false alarms (i.e., when an object did not appear but the child

pressed the button) for each condition. Omissions may be associated with attentional difficulties and false alarms with inhibition difficulties. To compare children's accuracy on the normative data, we use percentiles rather than z-scores, as the normality of the residuals were not satisfactory for %CR, omissions and false alarms. Percentile rank indicates the proportion of raw scores from the general population that are inferior to the observed score. In France, the 5th percentile rank is often considered to be the pathology threshold (Colombo et al., 2016). After each test, TooN will thus indicate whether the patient's score is below or above the 5th percentile rank. As there was no effect of gender on accuracy scores, we did not calculate separate norms for boys and girls. However, the ANOVA on %CR revealed an effect of age, which led us to calculate the 5th percentile independently for the groups that showed differences (see Table 7).

Table 7. Thresholds associated with a 5th percentile rank for omissions, false alarms and Percentage of Correct Responses (%CR) by age.

	Condition	Number of omissions, false alarms or %CR	6 y.o.	7 y.o.	8 y.o.	9 y.o.	10 y.o.
Global Performance	Global	Omissions	5	3	3	3	3
		False alarms	8	8	5	5	5
		%CR	90.0	93.3	95.0	95.0	95.0
	Gaze Congruent	%CR	87.5	92.2	95.3	95.3	95.3
	Gaze Incongruent	%CR	87.5	92.2	95.3	95.3	95.3
	Pointing Congruent	%CR	82.8	89.1	93.8	93.8	93.8
	Pointing Incongruent	%CR	82.8	89.1	93.8	93.8	93.8
Seq1 Performance	Global	Omissions	2	2	2	2	2
		False alarms	4	4	3	3	3
		%CR	93.3	91.7	95.0	95.0	95.0
	Gaze Congruent	%CR	87.5	93.8	90.6	90.6	90.6
	Gaze Incongruent	%CR	87.5	93.8	90.6	90.6	90.6
	Pointing Congruent	%CR	87.5	84.4	90.6	90.6	90.6
	Pointing Incongruent	%CR	87.5	84.4	90.6	90.6	90.6
Seq2 Performance	Global	Omissions	5	2	2	2	2
		False alarms	7	7	3	3	3
		%CR	81.7	90	95	95	95
	Gaze Congruent	%CR	75	84.4	90.6	90.6	90.6
	Gaze Incongruent	%CR	75	84.4	90.6	90.6	90.6
	Pointing Congruent	%CR	81.3	87.5	90.6	90.6	90.6
	Pointing Incongruent	%CR	81.3	87.5	90.6	90.6	90.6

Analyses conducted with other neuropsychological assessments

Correlations with visual attention and social skills

Correlations between social cuing effects and performance on the SDQ questionnaire showed that increasing gaze cuing effects are associated with more relational difficulties ($r = 0.13$, $p < .05$), but there was no correlation between gaze cuing effect and prosocial behavior ($r = 0.03$, $p > 1$). Moreover, there was no correlation of pointing cuing effect with relational difficulties ($r = 0.05$, $p = .69$) or prosocial behavior ($r = 0.02$, $p > 1$).

Increasing global RT performance on TooN was associated with a slower response on the visual attention test ($r = 0.13$, $p < .05$). However, there was no significant correlation of RT with total score ($r = -0.11$, $p = .13$) or precision on the visual attention test ($r = -0.03$, $p > 1$). Concerning accuracy, the number of %CR on TooN tended to increase together with better global visual attention scores ($r = 0.13$, $p = .06$). Moreover, increasing %CR was associated with faster responses on the visual attention test ($r = -0.13$, $p < .05$). However, there was no significant correlation between %CR and precision on the visual attention test ($r = 0.08$, $p = .50$).

Finally, t-test analyses showed that girls reported more prosocial behaviors than boys (Girls: $M = 8.29$, $SE = 0.12$; Boys: $M = 7.66$, $SE = 0.13$; $t(337) = 3.51$, $p < .001$, $d = 0.38$) and had better attentional abilities (Girls: $M = 20.43$, $SE = 0.45$; Boys: $M = 19.12$, $SE = 0.42$; $t(337) = 2.13$, $p < .05$, $d = 0.23$). However, there was no significant difference between girls and boys in the relational difficulties scale (Girls: $M = 2.03$, $SE = 0.13$; Boys: $M = 2.21$, $SE = 0.12$; $t(337) = -0.99$, $p = .32$, $d = 0.11$).

Correlations with inhibition and theory of mind

We showed no significant correlation between social cuing effects and scores on the RMET (Gaze: $r = -0.16$, $p = .44$, Pointing: $r = 0.08$, $p = .70$). Moreover, there was no correlation of gaze and pointing cuing effects, false alarms and global %CR with inhibition scores (Gaze: $r = -0.25$, $p = .87$; Pointing: : $r = -0.09$, $p > 1$; %CR: $r = -0.15$, : $p > 1$; False alarms: $r = 0.06$, $p > 1$), nor with the number of mistakes on the third condition of the Stroop test (Gaze: $r = -0.03$, $p > 1$; Pointing: $r = -0.16$, $p > 1$; %CR: $r = 0.04$, $p > 1$; False alarms: $r = -0.09$, $p > 1$).

Test-retest reliability

The ANOVA on cuing effects conducted only with the 28 participants revealed an effect of Cue, $F(1.27) = 8.33$, $p < .01$, $\eta^2_p = 0.24$. Children had greater cuing effects in the Pointing ($M = 98.5$, $SE = 13.9$) than in the Gaze condition ($M = 41.8$, $SE = 11.8$). No effect of Session, nor interaction between Session and other factors, was observed (all $Fs < 3.16$, all $ps > .09$). Correlation coefficients between sessions 1 and 2 for the z-scores of the RTs in each condition (i.e., Gaze Congruent, Gaze Incongruent, Pointing Congruent, Pointing Incongruent) and for the difference scores between congruent and incongruent trials (i.e., Gaze and Pointing cuing effects) are presented in Table 8. Means and standard errors for each variable are also presented in this table. Findings showed that z-scores of RTs for congruent and incongruent trials in the

pointing and gaze conditions were highly reliable. However, correlations were lower and non-significant when analyzing z-scores of the difference between incongruent and congruent trials.

Table 8. Means and Standard Errors (SE) for Reaction Times (RT) and cuing effects in each session and test-retest reliability coefficients associated to each z-score.

	Session 1	**Session 2**	**Reliability Coefficient**
	Mean (SE)	Mean (SE)	
RT Gaze Congruent	717 (44)	721 (43)	0.77***
RT Gaze Incongruent	769 (41)	753 (40)	0.70***
RT Pointing Congruent	655 (39)	660 (33)	0.73***
RT Pointing Incongruent	768 (46)	744 (38)	0.81***
Gaze cuing effect *RT congruent – RT incongruent*	52 (16)	32 (16)	0.15
Pointing cuing effect *RT congruent – RT incongruent*	113 (17)	84 (17)	0.15

*** $p < .001$

DISCUSSION

Our objective was to calibrate a computerized tool (TooN) that will allow neuropsychologists to identify if a given child evaluated for a neurodevelopmental disorder (such as ADHD or ASD), spontaneously follows social cues. To that end, we calculated normative data in a group of 339 children ages 6 to 10. Analyzing these data revealed that: (1) pointing, which corresponds to the cumulative presentation of gaze, head and arm gestures, led to larger cuing effects than gaze alone; (2) gaze and pointing cuing effects decreased with age; (3) gaze (but not pointing) cuing effects were larger in girls than boys. Finally, we examined the test-retest reliability of TooN and we assessed the correlation between performances on our tool and those on other tasks. Results are presented and discussed in more detail below.

Assessing the ability to follow social cues

First of all, we observed cuing effects for each age group, which were all significantly different from 0 and followed a normal distribution. These properties will allow TooN to compare the performance of a given child to the performance of the relevant control group using z-scores, in order to determine if the child's performance deviates from the norm (Amieva et al., 2011). To identify the level of impairment of a given child, the tool will thus automatically compute adjusted z-scores associated to each RT and each cuing effect condition. As gender and age impacted both RTs and cuing effects, z-scores will be adjusted for these variables using linear regressions. This method yields more consistent results than the traditional one (in which z-scores are calculated by subtracting the mean of a comparison group of a similar age and gender to the raw score of the patient and then dividing the result by the standard deviation of the comparison group). Indeed, linear regressions lead to a uniform model for all the samples by avoiding age group categories (Berres et al., 2000; Weintraub et al., 2018).

Second, we chose a very simple task that can be performed by children as early as 6 years of age as well as children with cognitive and/or behavioral difficulties. The very high %CRs and very low false alarms (i.e., pressing the button when no object appeared) and omissions (i.e., not pressing the button when an object appeared) obtained for each age group in typically developing children may also be used as norms to provide further information about the cognitive functioning of the children being evaluated. For example, low %CRs and RTs and/or high omissions could corroborate a suspicion of attention deficit, while high false alarms could corroborate a suspicion of inhibition impairments. These aspects are particularly important for the assessment of ADHD, in which deficits in attention and inhibition are the core symptoms of the pathology (American Psychiatric Association, 2013; Barkley, 1997). For these reasons, TooN will indicate if the %CR, false alarms and omissions of the patient are below or above the 5th percentile rank, which is often considered the pathological threshold in France (Colombo et al., 2016). We used percentile ranks rather than z-scores because of the lack of normality of the variable's residuals.

Importantly, TooN assesses the ability to follow social cues with stimuli that try to reproduce real life situations. To our knowledge, our study is the first to investigate this ability experimentally using Posner's paradigm with videos of real people gazing and/or pointing at everyday objects in an ecological environment. With this material, we showed that typically developing children had larger cuing effects when exposed to a combined presentation of gaze,

head and pointing gestures (i.e., pointing condition) than when exposed to gaze alone (i.e., gaze condition). This result is important for two reasons. First, from an empirical point of view, we show that natural pointing potentiates cuing effects when compared with natural gaze, which is in line with what previous results have suggested when manipulating isolated hand gestures (Gregory et al., 2016). In our case, the combination of head, gaze and arm orientation, which imitates natural pointing gestures, has likely contributed to this potentiation, in line with previous research that showed greater activation of cells in the superior temporal sulcus when several social cues were oriented in the same direction (Perrett et al., 1992). Second, our result is important for therapeutic purposes. As natural pointing led to greater cuing effects than gaze, gaze and pointing conditions may help discriminate levels of social impairment. Typically, children with strong social difficulties can be expected to not respond to any social cue, while other children with milder social difficulties will only respond to the pointing condition. TooN should be tested in children with neurodevelopmental disorders to support this hypothesis.

Effects of age and gender

Using natural stimuli, we confirmed that gaze and pointing cuing effects decreased with age, as reported by previous studies (Gregory et al., 2016; Kuhn et al., 2011; Neath et al., 2013; Ristic et al., 2002). Neath et al. (2013) showed that the gaze cuing effect decreased until 12-13 years of age, which is when adult performance was reached. In our study, the gaze cuing effect in 10-year-old children is already relatively small. This decrease with age has been associated with the development of inhibition abilities, as a consequence of the maturation of the prefrontal cortex (Kramer et al., 2005; Moriguchi & Hiraki, 2013).

Moreover, girls showed larger gaze cuing effects than boys, which is in line with several studies conducted in adults (Alwall et al., 2010; Bayliss et al., 2005; Deaner et al., 2006; McCrackin & Itier, 2019). This result is usually explained by girls' generally better social skills. Indeed, studies have shown that women have greater sensitivity to social information than men (Alwall et al., 2010), as well as greater social skills, particularly in empathy, facial emotion recognition and understanding mental states (e.g., Bosacki, 2000; Derntl et al., 2010; Suzuki et al., 2006). In line with these results, girls here reported more prosocial behaviors than boys on the SDQ questionnaire. In parallel, Bayliss et al. (2005) showed that the higher scores on a questionnaire assessing autistic traits, the lower were the gaze cuing effects, suggesting that better social skills accompany greater gaze cuing effects. The fact that boys were globally faster than girls on our task (on both congruent and incongruent trials) corroborates the view that they were more

performance-oriented than girls and less distracted by the social cues. However, regression analyses further revealed that girls showed greater cuing effects for gaze but not for pointing, suggesting that boys did not succeed in ignoring pointing, and in line with the idea that natural pointing potentiates attentional orientation. However, our conclusions about the effect of gender and its relationship with other social abilities are limited by the fact that we did not compare social to non-social cuing effects.

Correlations with other tests

Children included in the TooN calibration group completed the visual attention test and the SDQ questionnaire between sequences 1 and 2. Analyses revealed several correlations between performance on the visual attention test and performance on TooN when controlling for age. Faster performance on the visual attention test was associated with smaller RTs and greater %CRs on our task. Moreover, %CR tended to increase with better visual attention performance. These correlations are not surprising. They corroborate the view that, using a Posner-like paradigm, TooN also captures general visual attention abilities.

Unexpectedly, the correlations conducted with performance on the SDQ showed that greater gaze cuing effects were associated with greater relational difficulties. This counterintuitive finding may reflect the fact that the SDQ questionnaire has only been validated for children above 10 years old (Capron et al., 2007), suggesting self-reports in younger children may be less reliable. Others have suggested that self-reports may not be representative of abilities in younger children (Achenbach et al., 1987; Hart et al., 1994). For a more reliable evaluation, we should have used a hetero-questionnaire (e.g., the parent version of the SDQ; Shojaei et al., 2009). However, we only used the SDQ questionnaire and the visual attention test to keep the children occupied between sequences. Also, trying to obtain evaluations from every parent would have considerably slowed down data acquisition.

Between sequences 1 and 2, children included in the test-retest reliability group performed the Stroop test and the RMET. No correlation was found between performance on TooN and performance on these tests. One may have expected the number of false alarms on TooN (i.e., pressing the bar in the absence of objects) to correlate with inhibition abilities on the Stroop task. However, the fruit Stroop test assesses inhibition abilities using verbal output, while TooN assesses mainly social cues processing using manual outputs. One may have also expected social cuing effects on TooN to correlate with performance on the RMET. However, in line

with Neath et al. (2013), we failed to find such a correlation. Several developmentalists postulate a link between the ability to follow social cues and higher social abilities (Baron-Cohen, 1995; Csibra & Gergely, 2009). However, to date, very few empirical studies have investigated this link using neuropsychological tests. Future studies should test the link between the ability to follow social cues and social processes not assessed by the RMET. Indeed, social functioning is a complex construct that encompasses many processes, and it is possible that the ability to follow social cues is linked to other aspects of social abilities.

Test-retest reliability

Findings on the test-retest reliability test showed that, at the group level, social cuing effects were similar in both sessions 1 (test) and 2 (re-test). This means that the norms are robust and reproducible. However, reliability was low for cuing effects (i.e., difference between congruent and incongruent scores). This phenomenon is referred to in the literature as the *reliability paradox* (Hedge et al., 2018). It occurs when cognitive tasks produce replicable group-level effects but fail to replicate individual performances (Littman et al., 2023).

In our case, the paradox was amplified by the fact that RTs in each condition (but not the cuing effects) were highly reliable from session 1 to session 2. In other words, children's performance in each condition was stable over time, but not the scores obtained when computing differences between congruent and incongruent trials. Such a decrease in reliability when using difference scores is well known in the Stroop test (Eide et al., 2002; Littman et al., 2023; Siegrist, 1997; Strauss et al., 2005). When computing difference scores, two errors of measure interact (one in the congruent condition and one in the incongruent condition), which decreases the correlation coefficient (Overall & Woodward, 1975). In other words, when assessing the test-retest reliability of difference scores using traditional frequentist models, errors of measure mechanically attenuate the reliability of the scores. Bayesian generative models improve the reliability of difference scores (Littman et al., 2023). We look forward to testing these new models on our data. Meanwhile, as we showed high test-retest reliability for RTs in each condition, we conclude that TooN is reliable.

Limitations

Our study has several limitations. First, although we ensured participants had no history of brain injuries or other neurological or psychiatric disorders, we probably included children with undiagnosed pathologies. We cannot formally verify the absence of pathologies in each child

(using for example the Schedule for Affective Disorders and Schizophrenia for School-Age Children-Present and Lifetime Version; K-SADS-PL; Kaufman et al., 1997). However, testing a group of "perfect" children can also be a limitation, as it can lead to over-diagnosis of cognitive impairments. Second, we showed a high test-retest reliability for RTs in each condition, but we failed to show good reliability for difference scores (i.e., cuing effects). As traditional statistical methods that are used to assess test-retest reliability lead to a decrease in the reliability coefficient of difference scores, Bayesian generative models should be tested in the future (Littman et al., 2023). Third, we failed to show that performance on TooN can be related to other social abilities, probably because the tasks used were very specific (i.e., RMET measures theory of mind) or not adapted to young children (i.e., self-report version of the SDQ). Other tasks should be used in future studies to investigate the link between the ability to follow social cues and socio-cognitive functioning.

Finally, as TooN only tests the ability to follow social cues (but not other non-social exogeneous or endogenous signals), it precludes us from identifying specific difficulties in the social sphere. However, neuropsychological tests are rarely designed to be used on their own, as it is important to assess different functions to understand the patient's overall cognitive functioning. Therefore, TooN has been developed to be used as part of a broader neuropsychological assessment. For example, if a patient is not able to follow gaze and/or pointing, the neuropsychologist must compare the patient's performance to results obtained on other cognitive tests to understand whether the child has a social difficulty or if the low performance is secondary to an executive and/or attention deficit. Furthermore, it is important to note that even if the deficit in following social cues is not purely social, these deficits must be considered in neuropsychological care, as they could lead to impairments in the social domain.

CONCLUSIONS AND CLINICAL IMPLICATIONS

We developed a tool that will allow neuropsychologists to identify if a given child is able to follow social cues and we collected normative data of this tool in a group of 339 typically developing children ages 6 to 10 years old. We showed that this tool measures performance that is stable over time, and that gaze and pointing cuing effects occur in all age groups. As gaze and pointing cuing effects decreased with age and gaze cuing effects were larger in girls than in boys, normative data were analyzed considering these two variables. Overall, we can conclude that TooN is a sensitive tool that measures the ability to follow social cues in typically

developing children. However, its sensitivity and reliability must be tested in children with neurodevelopmental disorders.

TooN can be used as an aid in the diagnosis of children with neurodevelopmental disorders, as it can help identify deficits in social cues following, as well as corroborate potential social cognitive impairments. Furthermore, the data obtained with TooN can also be used to corroborate other cognitive difficulties (e.g., impairments in attention or inhibition). If a given child has a difficulty in processing social cues, the neuropsychologist could suggest rehabilitation programs to improve social skills, in order to avoid more significant socio-cognitive dysfunctions in adolescence or adulthood. In contrast, if the child spontaneously follows social cues, the neuropsychologist knows that he/she can use them during rehabilitation to better guide the child's attention and work towards improving his/her attentional and/or executive functions.

ACKNOWLEDGMENTS

We would like to thank the Hauts-de-Seine Departmental Education Services (DSDEN-92) for allowing us to conduct this study in their schools, as well as all children, parents, teachers, and principals of the participating schools. We would also like to thank Yoann Yilmaz, Laetitia Yeranian, Maud Gaucher, Vanessa Barbier and Camille Courbe, master's students in Neuropsychology, for their participation in testing the tool. Finally, we would like to thank Fabien Cerrotti and Corentin Gosling for their help and advice on the statistical analyses.

DISCLOSURE STATEMENT

The authors report there are no competing interests to declare.

DATA AVAILABILITY STATEMENT

All raw data generated during the current study will be publicly available at OSF (https://osf.io/).

FUNDING DETAILS

This study was funded by the University Paris Lumière (project "TooN-2019.22").

REFERENCES

Achenbach, T. M., McConaughy, S. H., & Howell, C. T. (1987). Child/adolescent behavioral and emotional problems: Implications of cross-informant correlations for situational specificity. *Psychological Bulletin*, *101*(2), 213-232. https://doi.org/10.1037/0033-2909.101.2.213

Airdrie, J. N., Langley, K., Thapar, A., & van Goozen, S. H. M. (2018). Facial Emotion Recognition and Eye Gaze in Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder With and Without Comorbid Conduct Disorder. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, *57*(8), 561–570. https://doi.org/10.1016/j.jaac.2018.04.016

Akiyama, T., Kato, M., Muramatsu, T., Maeda, T., Hara, T., & Kashima, H. (2008). Gaze-triggered orienting is reduced in chronic schizophrenia. *Psychiatry Research*, *158*(3), 287–296. https://doi.org/10.1016/j.psychres.2006.12.004

Alwall, N., Johansson, D., & Hansen, S. (2010). The gender difference in gaze-cueing: Associations with empathizing and systemizing. *Personality and Individual Differences*, *49*(7), 729–732. https://doi.org/10.1016/j.paid.2010.06.016

American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders* (5th ed.). https://doi.org/10.1176/appi.books.9780890425596

Amieva, H., Michael, G. A., & Allain, P. (2011). Les normes et leur utilisation. Dans C. Thomas-Anterion & E. Barbeau (Dir.), *Neuropsychologie en pratique(s)* (p. 73–86). Solal.

Archibald, S. J., & Kerns, K. A. (1999). Identification and Description of New Tests of Executive Functioning in Children. *Child Neuropsychology*, *5*(2), 115–129. https://doi.org/10.1076/chin.5.2.115.3167

Asgharpour, M., Tehrani-Doost, M., Ahmadi, M., & Moshki, H. (2015). Visual Attention to Emotional Face in Schizophrenia: An Eye Tracking Study. *Iranian Journal of Psychiatry*, *10*(1), 13–18.

Barkley, R. A. (1997). Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions: Constructing a unifying theory of ADHD. *Psychological Bulletin*, *121*(1), 65–94. https://doi.org/10.1037/0033-2909.121.1.65

Baron-Cohen, S. (1995). The eye direction detector (EDD) and the shared attention mechanism (SAM): Two cases for evolutionary psychology. In C. Moore & P. J. Dunham (Eds.), *Joint attention: Its origins and role in development* (pp. 41–59). Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

Baron-Cohen, S., Wheelwright, S., Hill, J., Raste, Y., & Plumb, I. (2001). The "Reading the Mind in the Eyes" Test revised version: A study with normal adults, and adults with Asperger syndrome or high-functioning autism. *The Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, *42*(2), 241–251. https://doi.org/10.1017/S0021963001006643

Bayliss, A. P., Bartlett, J., Naughtin, C. K., & Kritikos, A. (2011). A direct link between gaze perception and social attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *37*(3), 634–644. https://doi.org/10.1037/a0020559

Bayliss, A. P., di Pellegrino, G., & Tipper, S. P. (2005). Sex differences in eye gaze and symbolic cueing of attention. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, *58*(4), 631–650. https://doi.org/10.1080/02724980443000124

Bayliss, A. P., Paul, M. A., Cannon, P. R., & Tipper, S. P. (2006). Gaze cuing and affective judgments of objects: I like what you look at. *Psychonomic Bulletin & Review*, *13*(6), 1061–1066. https://doi.org/10.3758/BF03213926

Belopolsky, A. V., Olivers, C. N. L., & Theeuwes, J. (2008). To point a finger: Attentional and motor consequences of observing pointing movements. *Acta Psychologica*, *128*(1), 56–62. https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2007.09.012

Berres, M., Monsch, A. U., Bernasconi, F., Thalmann, B., & Stähelin, H. B. (2000). Normal ranges of neuropsychological tests for the diagnosis of Alzheimer's disease. *Studies in Health Technology and Informatics*, *77*, 195–199. https://doi.org/10.3233/978-1-60750-921-9-195

Bora, E., & Pantelis, C. (2016). Meta-analysis of social cognition in attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD): Comparison with healthy controls and autistic spectrum disorder. *Psychological Medicine*, *46*(4), 699–716. https://doi.org/10.1017/S0033291715002573

Bosacki, S. L. (2000). Theory of mind and self-concept in preadolescents: Links with gender and language. *Journal of Educational Psychology*, *92*(4), 709–717. https://doi.org/10.1037/0022-0663.92.4.709

Brooks, R., & Meltzoff, A. N. (2005). The development of gaze following and its relation to language. *Developmental Science*, *8*(6), 535–543. https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2005.00445.x

Brooks, R., & Meltzoff, A. N. (2008). Infant gaze following and pointing predict accelerated vocabulary growth through two years of age: A longitudinal, growth curve modeling study. *Journal of Child Language*, *35*(1), 207–220. https://doi.org/10.1017/S030500090700829X

Brooks, R., & Meltzoff, A. N. (2015). Connecting the dots from infancy to childhood: A longitudinal study connecting gaze following, language, and explicit theory of mind. *Journal of Experimental Child Psychology*, *130*, 67–78. https://doi.org/10.1016/j.jecp.2014.09.010

Calamia, M., Markon, K., & Tranel, D. (2013). The Robust Reliability of Neuropsychological Measures: Meta-Analyses of Test–Retest Correlations. *The Clinical Neuropsychologist*, *27*(7), 1077–1105. https://doi.org/10.1080/13854046.2013.809795

Capron, C., Thérond, C., & Duyme, M. (2007). Psychometric properties of the French version of the self-report and teacher Strengths and Difficulties Questionnaire (SDQ). *European Journal of Psychological Assessment*, *23*(2), 79–88. https://doi.org/10.1027/1015-5759.23.2.79

Catale, C., Lejeune, C., Schmitz, X., & Meulemans, T. (2014). Validation d'un test d'inhibition auprès d'enfants présentant un trouble déficitaire de l'attention avec ou sans hyperactivité. *Canadian Journal of Behavioural Science/Revue Canadienne Des Sciences Du Comportement*, *46*(1), 66–72. https://doi.org/10.1037/a0031006

Cazzato, V., Macaluso, E., Crostella, F., & Aglioti, S. M. (2012). Mapping reflexive shifts of attention in eye-centered and hand-centered coordinate systems. *Human Brain Mapping*, *33*(1), 165–178. https://doi.org/10.1002/hbm.21202

Chacón-Candia, J. A., Lupiáñez, J., Casagrande, M., & Marotta, A. (2020). Sex Differences in Attentional Selection Following Gaze and Arrow Cues. *Frontiers in Psychology*, *11*. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00095

Charman, T., Baron-Cohen, S., Swettenham, J., Baird, G., Cox, A., & Drew, A. (2000). Testing joint attention, imitation, and play as infancy precursors to language and theory of mind. *Cognitive Development*, *15*(4), 481–498. https://doi.org/10.1016/S0885-2014(01)00037-5

Chawarska, K., & Shic, F. (2009). Looking But Not Seeing: Atypical Visual Scanning and Recognition of Faces in 2 and 4-Year-Old Children with Autism Spectrum Disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *39*(12), 1663–1672. https://doi.org/10.1007/s10803-009-0803-7

Colombo, F., Amieva, H., Lecerf, T., & Verdon, V. (2016). La norme en neuropsychologie, un concept à facettes multiples. *Revue de neuropsychologie*, *8*(1), 61–69. https://doi.org/10.1684/nrp.2016.0365

Csibra, G., & Gergely, G. (2009). Natural pedagogy. *Trends in Cognitive Sciences*, *13*(4), 148–153. https://doi.org/10.1016/j.tics.2009.01.005

Dalmaso, M., Galfano, G., Tarqui, L., Forti, B., & Castelli, L. (2013). Is social attention impaired in schizophrenia? Gaze, but not pointing gestures, is associated with spatial attention deficits. *Neuropsychology*, *27*(5), 608–613. https://doi.org/10.1037/a0033518

Davidovitch, M., Levit-Binnun, N., Golan, D., & Manning-Courtney, P. (2015). Late diagnosis of autism spectrum disorder after initial negative assessment by a multidisciplinary team. *Journal of Developmental & Behavioral Pediatrics*, *36*(4), 227–234. https://doi.org/10.1097/dbp.0000000000000133

Deaner, R. O., Shepherd, S. V., & Platt, M. L. (2006). Familiarity accentuates gaze cuing in women but not men. *Biology Letters*, *3*(1), 65–68. https://doi.org/10.1098/rsbl.2006.0564

Derntl, B., Finkelmeyer, A., Eickhoff, S., Kellermann, T., Falkenberg, D. I., Schneider, F., & Habel, U. (2010). Multidimensional assessment of empathic abilities: Neural correlates and gender differences. *Psychoneuroendocrinology*, *35*(1), 67–82. https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2009.10.006

Driver, J., Davis, G., Ricciardelli, P., Kidd, P., Maxwell, E., & Baron-Cohen, S. (1999). Gaze Perception Triggers Reflexive Visuospatial Orienting. *Visual Cognition*, *6*(5), 509–540. https://doi.org/10.1080/135062899394920

Eide, P., Kemp, A., Silberstein, R. B., Nathan, P. J., & Stough, C. (2002). Test-Retest Reliability of the Emotional Stroop Task: Examining the Paradox of Measurement Change. *The Journal of Psychology*, *136*(5), 514–520. https://doi.org/10.1080/00223980209605547

Farroni, T., Csibra, G., Simion, F., & Johnson, M. H. (2002). Eye contact detection in humans from birth. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *99*(14), 9602–9605. https://doi.org/10.1073 pnas.152159999

Farroni, T., Johnson, M. H., Brockbank, M., & Simion, F. (2000). Infants' use of gaze direction to cue attention: The importance of perceived motion. *Visual Cognition*, *7*(6), 705–718. https://doi.org/10.1080/13506280050144399

Farroni, T., Massaccesi, S., Pividori, D., & Johnson, M. H. (2004). Gaze following in newborns. *Infancy*, *5*(1), 39–60. https://doi.org/10.1207/s15327078in0501_2

Fischer, M. H., & Szymkowiak, A. (2004). Joint attention for pointing but not grasping postures. *Cortex: A Journal Devoted to the Study of the Nervous System and Behavior*, *40*(1), 168–170. https://doi.org/10.1016/S0010-9452(08)70937-7

Friesen, C. K., & Kingstone, A. (1998). The eyes have it! Reflexive orienting is triggered by nonpredictive gaze. *Psychonomic Bulletin & Review*, *5*(3), 490–495. https://doi.org/10.3758/BF03208827

Friesen, C. K., Ristic, J., & Kingstone, A. (2004). Attentional Effects of Counterpredictive Gaze and Arrow Cues. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *30*(2), 319–329. https://doi.org/10.1037/0096-1523.30.2.319

Frischen, A., Bayliss, A. P., & Tipper, S. P. (2007). Gaze Cueing of Attention. *Psychological Bulletin*, *133*(4), 694–724. https://doi.org/10.1037/0033-2909.133.4.694

Galfano, G., Dalmaso, M., Marzoli, D., Pavan, G., Coricelli, C., & Castelli, L. (2012). Eye gaze cannot be ignored (but neither can arrows). *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *65*(10), 1895–1910. https://doi.org/10.1080/17470218.2012.663765

Goldberg, M. C., Mostow, A. J., Vecera, S. P., Larson, J. C. G., Mostofsky, S. H., Mahone, E. M., & Denckla, M. B. (2008). Evidence for Impairments in Using Static Line Drawings of Eye Gaze Cues to Orient Visual-Spatial Attention in Children with High Functioning

Autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *38*(8), 1405–1413. https://doi.org/10.1007/s10803-007-0506-x

Goodman, R., Meltzer, H., & Bailey, V. (1998). The Strengths and Difficulties Questionnaire: A pilot study on the validity of the self-report version. *European Child & Adolescent Psychiatry*, *7*(3), 125–130. https://doi.org/10.1007/s007870050057

Goodman, R., Meltzer, H., & Bailey, V. (2003). The Strengths and Difficulties Questionnaire: A pilot study on the validity of the self-report version. *International Review of Psychiatry*, *15*(1–2), 173–177. https://doi.org/10.1080/0954026021000046137

Greene, R. W., Biederman, J., Faraone, S. V., Sienna, M., & Garcia-Jetton, J. (1997). Adolescent outcome of boys with attention-deficit/hyperactivity disorder and social disability: Results from a 4-year longitudinal follow-up study. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, *65*(5), 758–767. https://doi.org/10.1037/0022-006X.65.5.758

Gregory, N. J., Hermens, F., Facey, R., & Hodgson, T. L. (2016). The developmental trajectory of attentional orienting to socio-biological cues. *Experimental Brain Research*, *234*(6), 1351–1362. https://doi.org/10.1007/s00221-016-4627-3

Hart, E. L., Lahey, B. B., Loeber, R., & Hanson, K. S. (1994). Criterion validity of informants in the diagnosis of disruptive behavior disorders in children: A preliminary study. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, *62*(2), 410–414. https://doi.org/10.1037/0022-006X.62.2.410

Hedge, C., Powell, G., & Sumner, P. (2018). The reliability paradox: Why robust cognitive tasks do not produce reliable individual differences. *Behavior Research Methods*, *50*(3), 1166–1186. https://doi.org/10.3758/s13428-017-0935-1

Hoza, B. (2007). Peer Functioning in Children With ADHD. *Journal of Pediatric Psychology*, *32*(6), 655–663. https://doi.org/10.1093/jpepsy/jsm024

Jones, W., Carr, K., & Klin, A. (2008). Absence of Preferential Looking to the Eyes of Approaching Adults Predicts Level of Social Disability in 2-Year-Old Toddlers With Autism Spectrum Disorder. *Archives of General Psychiatry*, *65*(8), 946–954. https://doi.org/10.1001/archpsyc.65.8.946

Kaufman, J., Birmaher, B., Brent, D., Rao, U. M. A., Flynn, C., Moreci, P., Williamson, D., & Ryan, N. (1997). Schedule for affective disorders and schizophrenia for school-age children-present and lifetime version (K-SADS-PL): Initial reliability and validity data.

Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry, *36*(7), 980–988. https://doi.org/10.1097/00004583-199707000-0002

Korkman, M. (1998). *NEPSY. A developmental neuropsychological assessment* (1st ed.). Psychological Corporation.

Kramer, A. F., Gonzalez de Sather, J., & Cassavaugh, N. D. (2005). Development of attentional and oculomotor control. *Developmental Psychology*, *41*(5), 760–772. https://doi.org/10.1037/0012-1649.41.5.760

Kuhn, G., Tewson, L., Morpurgo, L., Freebody, S. F., Musil, A. S., & Leekam, S. R. (2011). Developmental Changes in the Control of Saccadic Eye Movements in Response to Directional Eye Gaze and Arrows. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *64*(10), 1919–1929. https://doi.org/10.1080/17470218.2011.592592

Langton, S. R. H. (2000). The mutual influence of gaze and head orientation in the analysis of social attention direction. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, *53*(3), 825–845. https://doi.org/10.1080/713755908

Langton, S. R. H., & Bruce, V. (2000). You must see the point: Automatic processing of cues to the direction of social attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *26*(2), 747–757. https://doi.org/10.1037/0096-1523.26.2.747

Littman, R., Hochman, S., & Kalanthroff, E. (2023). Reliable affordances: A generative modeling approach for test-retest reliability of the affordances task. *Behavior Research Methods*, 1–10. https://doi.org/10.3758/s13428-023-02131-3

Lu, Z., & van Zoest, W. (2023). Combining social cues in attention: Looking at gaze, head, and pointing cues. *Attention, Perception & Psychophysics*, *85*(4), 1021–1033. https://doi.org/10.3758/s13414-023-02669-6

Marotta, A., Casagrande, M., Rosa, C., Maccari, L., Berloco, B., & Pasini, A. (2014). Impaired reflexive orienting to social cues in attention deficit hyperactivity disorder. *European Child & Adolescent Psychiatry*, *23*(8), 649–657. https://doi.org/10.1007/s00787-013-0505-8

Marotta, A., Pasini, A., Menotti, E., Pasquini, A., Pitzianti, M. B., & Casagrande, M. (2017). Controlling attention to gaze and arrows in attention deficit hyperactivity disorder. *Psychiatry Research*, *251*, 148–154. https://doi.org/10.1016/j.psychres.2017.01.094

Marotta, A., Pasini, A., Ruggiero, S., Maccari, L., Rosa, C., Lupiáñez, J., & Casagrande, M. (2013). Inhibition of Return in Response to Eye Gaze and Peripheral Cues in Young People with Asperger's Syndrome. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *43*(4), 917–923. https://doi.org/10.1007/s10803-012-1636-3

McCauley, S. R., Wilde, E. A., Anderson, V. A., Bedell, G., Beers, S. R., Campbell, T. F., Chapman, S. B., Ewing-Cobbs, L., Gerring, J. P., Gioia, G. A., Levin, H. S., Michaud, L. J., Prasad, M. R., Swaine, B. R., Turkstra, L. S., Wade, S. L., & Yeates, K. O. (2012). Recommendations for the Use of Common Outcome Measures in Pediatric Traumatic Brain Injury Research. *Journal of Neurotrauma*, *29*(4), 678–705. https://doi.org/10.1089/neu.2011.1838

McCrackin, S. D., & Itier, R. J. (2019). Individual differences in the emotional modulation of gaze-cuing. *Cognition and Emotion*, *33*(4), 768–800. https://doi.org/10.1080/02699931.2018.1495618

McQuade, J. D., & Hoza, B. (2008). Peer problems in Attention Deficit Hyperactivity Disorder: Current status and future directions. *Developmental Disabilities Research Reviews*, *14*(4), 320–324. https://doi.org/10.1002/ddrr.35

Moriguchi, Y., & Hiraki, K. (2013). Prefrontal cortex and executive function in young children: A review of NIRS studies. *Frontiers in Human Neuroscience*, *7*. https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00867

Mundy, P. (2018). A review of joint attention and social-cognitive brain systems in typical development and autism spectrum disorder. *European Journal of Neuroscience*, *47*(6), 497–514. https://doi.org/10.1111/ejn.13720. Epub 2017

Mundy, P. C. (2016). *Autism and joint attention: Development, neuroscience, and clinical fundamentals*. Guilford Publications.

Narison, R., De Montalembert, M., & Conty, L. (2020). Diagnosing gaze and arrow cueing effects in unilateral spatial neglect. *Neurocase*, *26*(1), 42–50. https://doi.org/10.1080/13554794.2019.1705495

Neath, K., Nilsen, E. S., Gittsovich, K., & Itier, R. J. (2013). Attention orienting by gaze and facial expressions across development. *Emotion*, *13*(3), 397–408. https://doi.org/10.1037/a0030463

Nijmeijer, J. S., Minderaa, R. B., Buitelaar, J. K., Mulligan, A., Hartman, C. A., & Hoekstra, P. J. (2008). Attention-deficit/hyperactivity disorder and social dysfunctioning. *Clinical Psychology Review*, *28*(4), 692–708. https://doi.org/10.1016/j.cpr.2007.10.003

Nixon, E. (2001). The Social Competence of Children with Attention Deficit Hyperactivity Disorder: A Review of the Literature. *Child Psychology and Psychiatry Review*, *6*(4), 172–180. https://doi.org/10.1111/1475-3588.00342

Overall, J. E., & Woodward, J. A. (1975). Unreliability of difference scores: A paradox for measurement of change. *Psychological Bulletin*, *82*(1), 85–86. https://doi.org/10.1037/h0076158

Ozonoff, S., Young, G. S., Brian, J., Charman, T., Shephard, E., Solish, A., & Zwaigenbaum, L. (2018). Diagnosis of Autism Spectrum Disorder After Age 5 in Children Evaluated Longitudinally Since Infancy. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, *57*(11), 849-857.e2. https://doi.org/10.1016/j.jaac.2018.06.022

Papagiannopoulou, E. A., Chitty, K. M., Hermens, D. F., Hickie, I. B., & Lagopoulos, J. (2014). A systematic review and meta-analysis of eye-tracking studies in children with autism spectrum disorders. *Social Neuroscience*, *9*(6), 610–632. https://doi.org/10.1080/17470919.2014.934966

Perrett, D. I., Hietanen, J. K., Oram, M. W., & Benson, P. J. (1992). Organization and functions of cells responsive to faces in the temporal cortex. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, *335*(1273), 23–30. https://doi.org/10.1098/rstb.1992.0003

Posner, M. I. (1980). Orienting of Attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *32*(1), 3–25. https://doi.org/10.1080/00335558008248231

Ristic, J., Friesen, C. K., & Kingstone, A. (2002). Are eyes special? It depends on how you look at it. *Psychonomic Bulletin & Review*, *9*(3), 507–513. https://doi.org/10.3758/BF03196306

Ros, R., & Graziano, P. (2017). Social Functioning in Children With or At Risk for Attention Deficit/Hyperactivity Disorder: A Meta-Analytic Review. *Journal of Clinical Child & Adolescent Psychology*, *47*(2), 1–23. https://doi.org/10.1080/15374416.2016.1266644

Sadria, M., Karimi, S., & Layton, A. T. (2019). Network centrality analysis of eye-gaze data in autism spectrum disorder. *Computers in Biology and Medicine*, *111*, 103332. https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2019.103332

Sainsbury, W. J., Carrasco, K., Whitehouse, A. J. O., & Waddington, H. (2023). Parent-reported Early Atypical Development and Age of Diagnosis for Children with Co-occurring Autism and ADHD. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *53*(6), 2173–2184. https://doi.org/10.1007/s10803-022-05488-0

Sato, W., Kochiyama, T., Uono, S., & Toichi, M. (2016). Neural mechanisms underlying conscious and unconscious attentional shifts triggered by eye gaze. *NeuroImage*, *124*, 118–126. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2015.08.061

Sato, W., Kochiyama, T., Uono, S., & Yoshikawa, S. (2010). Automatic Attentional Shifts by Gaze, Gestures, and Symbols. *Psychologia*, *53*(1), 27–35. https://doi.org/10.2117/psysoc.2010.27

Savla, G. N., Vella, L., Armstrong, C. C., Penn, D. L., & Twamley, E. W. (2013). Deficits in Domains of Social Cognition in Schizophrenia: A Meta-Analysis of the Empirical Evidence. *Schizophrenia Bulletin*, *39*(5), 979–992. https://doi.org/10.1093/schbul/sbs080

Scaife, M., & Bruner, J. S. (1975). The capacity for joint visual attention in the infant. *Nature*, *253*, 265–266. https://doi.org/10.1038/253265a0

Shojaei, T., Wazana, A., Pitrou, I., & Kovess, V. (2009). The strengths and difficulties questionnaire: Validation study in French school-aged children and cross-cultural comparisons. *Social Psychiatry and Psychiatric Epidemiology*, *44*(9), 740–747. https://doi.org/10.1007/s00127-008-0489-8

Siegrist, M. (1997). Test-Retest Reliability of Different Versions of the Stroop Test. *The Journal of Psychology*, *131*(3), 299–306. https://doi.org/10.1080/00223989709603516

Storebø, O. J., Andersen, M. E., Skoog, M., Hansen, S. J., Simonsen, E., Pedersen, N., Tendal, B., Callesen, H. E., Faltinsen, E., & Gluud, C. (2019). Social skills training for attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) in children aged 5 to 18 years. *Cochrane*

Database of Systematic Reviews, *12*. https://doi.org/10.1002/14651858.CD008223.pub2

Strauss, E., Sherman, E. M. S., & Spreen, O. (2006). *A Compendium of Neuropsychological Tests: Administration, Norms, and Commentary*. Oxford University Press.

Strauss, G. P., Allen, D. N., Jorgensen, M. L., & Cramer, S. L. (2005). Test-retest reliability of standard and emotional stroop tasks: An investigation of color-word and picture-word versions. *Assessment*, *12*(3), 330–337. https://doi.org/10.1177/1073191105276375

Suzuki, A., Hoshino, T., & Shigemasu, K. (2006). Measuring individual differences in sensitivities to basic emotions in faces. *Cognition*, *99*(3), 327–353. https://doi.org/10.1016/j.cognition.2005.04.003

Temeltürk, R. D., Aydın, Ö., Üstün Güllü, B., & Kılıç, B. G. (2023). Dynamic eye-tracking evaluation of responding joint attention abilities and face scanning patterns in children with attention deficit hyperactivity disorder. *Development and Psychopathology*, 1–12. https://doi.org/10.1017/S095457942300041X

Thompson, E. J., Beauchamp, M. H., Darling, S. J., Hearps, S. J. C., Brown, A., Charalambous, G., Crossley, L., Darby, D., Dooley, J. J., Greenham, M., Jaimangal, M., McDonald, S., Muscara, F., Turkstra, L., & Anderson, V. A. (2018). Protocol for a prospective, school-based standardisation study of a digital social skills assessment tool for children: The Paediatric Evaluation of Emotions, Relationships, and Socialisation (PEERS) study. *BMJ Open*, *8*(2), e016633. https://doi.org/10.1136/bmjopen-2017-016633

Tipples, J. (2008). Orienting to counterpredictive gaze and arrow cues. *Perception & Psychophysics*, *70*(1), 77–87. https://doi.org/10.3758/PP.70.1.77

Tomasello, M. (1995). Joint attention as social cognition. In C. Moore & P. J. Dunham (Eds.), *Joint attention: Its origins and role in development* (pp. 103–130). Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

Ulloa, J. L., Dubal, S., Yahia-Cherif, L., & George, N. (2018). Gaze perception induces early attention orienting effects in occipito-parietal regions. *Neuropsychologia*, *109*, 173–180. https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2017.12.029

Ulloa, J. L., Marchetti, C., Taffou, M., & George, N. (2015). Only your eyes tell me what you like: Exploring the liking effect induced by other's gaze. *Cognition and Emotion*, *29*(3), 460–470. https://doi.org/10.1080/02699931.2014.919899

Velikonja, T., Fett, A.-K., & Velthorst, E. (2019). Patterns of nonsocial and social cognitive functioning in adults with autism spectrum disorder: A systematic review and meta-analysis. *JAMA Psychiatry*, *76*(2), 135–151. https://doi.org/10.1001/jamapsychiatry.2018.3645

Wan, G., Kong, X., Sun, B., Yu, S., Tu, Y., Park, J., Lang, C., Koh, M., Wei, Z., Feng, Z., Lin, Y., & Kong, J. (2019). Applying Eye Tracking to Identify Autism Spectrum Disorder in Children. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *49*(1), 209–215. https://doi.org/10.1007/s10803-018-3690-y

Weintraub, S., Besser, L., Dodge, H. H., Teylan, M., Ferris, S., Goldstein, F. C., Giordani, B., Kramer, J., Loewenstein, D., Marson, D., Mungas, D., Salmon, D., Welsh-Bohmer, K., Zhou, X.-H., Shirk, S. D., Atri, A., Kukull, W. A., Phelps, C., & Morris, J. C. (2018). Version 3 of the Alzheimer Disease Centers' Neuropsychological Test Battery in the Uniform Data Set (UDS). *Alzheimer Disease & Associated Disorders*, *32*(1), 10–17. https://doi.org/10.1097/WAD.0000000000000223

Étude 3 - Validation de TooN

1. Objectifs

TooN ayant été étalonné, l'objectif était de le valider chez un groupe d'enfants ayant un TDAH. Pour cela, nous souhaitions procéder en deux étapes. En premier lieu, nous souhaitions déterminer si l'outil permettait de détecter la difficulté à suivre des indices sociaux, reportée en moyenne chez les enfants atteints d'un TDAH. Nous avons donc comparé les enfants atteints d'un TDAH à un groupe d'enfants au développement typique appariés en âge et en sexe et issus de l'échantillon de l'étalonnage. En second lieu, compte tenu de l'hétérogénéité des profils neuropsychologiques dans le TDAH et de la présence non systématique de difficultés sociales chez ces enfants, nous avons examiné les performances individuelles des enfants atteints d'un TDAH (comparées à l'échantillon normatif). Notre objectif était de mettre ces performances en regard des autres éléments du bilan pour évaluer la sensibilité de l'outil à identifier un déficit de suivi des indices sociaux chez un enfant atteint de TDAH. Le nombre d'enfants atteints d'un TDAH souhaité pour cette étude (30 enfants) n'a pas encore été atteint. Seules des données préliminaires sont présentées dans cette thèse.

2. Méthode

11 enfants âgés de 6 à 10 ans et ayant reçu un diagnostic de TDAH (âge moyen = 107 mois, écart-type = 15,9, 3 filles) ont participé à cette étude. Ils ont été appariés en âge et en sexe avec 22 enfants présentant un développement typique issus de l'étalonnage (âge moyen = 107 mois, écart-type = 15,5, 6 filles). Le groupe TDAH comprenait huit enfants qui répondaient aux critères du sous-type mixte et trois enfants qui répondaient aux critères du sous-type d'inattention. Tous les enfants ont été testés avec TooN. Entre les deux séquences, les enfants atteints de TDAH ont été testés sur d'autres tâches neuropsychologiques pendant environ 5 à 10 minutes.

3. Analyses

Tout d'abord, trois ANOVA à mesures répétées ont été réalisées sur les %RC, les TR et les effets d'indiçage pour comparer les performances entre les enfants atteints d'un TDAH et les enfants au développement typique. Pour chaque groupe et chaque indice, nous avons également effectué des analyses t-tests qui comparaient les TR dans les essais congruents et les TR dans les essais incongruents. Enfin, également pour chaque groupe et chaque indice, la signification des effets d'indiçage a été testée avec un t-test bilatéral contre 0. En ce qui concerne les analyses individuelles, nous avons utilisé les méthodes de TooN pour identifier des difficultés chez les enfants atteints d'un TDAH. Pour chaque patient, les z-scores ont été calculés pour les TR moyens et les effets d'indiçage (Regard et Pointage) en utilisant les normes calculées dans la deuxième étude. De plus, pour chaque patient, nous avons récupéré le %RC, le nombre d'omissions et le nombre de fausses alarmes. Pour ces données, nous avons indiqué si le patient était au-dessus ou en-dessous du 5ème rang percentile. Enfin, les performances à TooN ont été comparées aux autres éléments du bilan (i.e., mesures du fonctionnement social, attentionnel et exécutif).

4. Résultats principaux

Les analyses de groupe ont montré que les enfants atteints d'un TDAH avaient un %RC plus faible et des TR qui avaient tendance à être également plus élevés que les enfants au développement typique. De plus, les enfants atteints de TDAH et au développement typique présentaient un effet d'indiçage dans la condition pointage. Cependant, alors que les enfants au développement typique présentaient un effet d'indiçage dans la condition regard, les enfants atteints de TDAH ne présentaient pas cet effet. Les analyses individuelles ont confirmé que certains enfants (quatre sur onze) atteints d'un TDAH rencontraient des difficultés à suivre le regard, alors que tous les enfants étaient capables de suivre le pointage. De plus, plusieurs enfants (quatre sur onze) avaient des %RC, TR, omissions ou fausses alarmes qui déviaient de la norme. En raison du faible nombre d'enfants atteints d'un TDAH inclus dans cette étude, les analyses de corrélation qui ont pu être réalisées entre les performances à TooN et à d'autres tests neuropsychologiques n'ont révélé aucun résultat significatif.

5. Conclusion

Ces résultats suggèrent que les enfants atteints d'un TDAH rencontrent, en moyenne, une difficulté à suivre le regard, qui pourrait être liée à des niveaux plus élevés de dysfonctionnements sociaux souvent observés par rapport aux enfants au développement typique. En accord avec nos hypothèses, les analyses individuelles suggèrent que certains enfants TDAH ne répondent pas au regard, alors que d'autres y répondent. Dans l'ensemble, les différences de performances entre les enfants au développement typique et TDAH ainsi que l'hétérogénéité des performances des enfants atteints d'un TDAH confirment la nécessité d'évaluer le suivi du regard chez ces enfants, afin d'améliorer leur prise en charge.

TooN pourra être utilisé dans l'évaluation des enfants atteints d'un TDAH pour identifier des difficultés de suivi des indices sociaux et/ou corroborer d'autres difficultés sociales ou cognitives (e.g., des troubles de l'attention ou de l'inhibition). Néanmoins, puisque le nombre d'enfant atteints d'un TDAH était faible, nous n'avons recueilli que des preuves partielles de la validité du test. TooN devra être testé dans un groupe plus important d'enfants atteints d'un TDAH pour réaliser des analyses de corrélation supplémentaires entre les performances à ce dernier et à d'autres tests neuropsychologiques.

6. Article n°3

L'article ci-dessous est en préparation.

Detecting impairments in social cues following in children with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: validation of a neuropsychological tool

Belen Haza*, Laurence Conty** and Charlotte Pinabiaux**

Laboratory of Cognitive Functioning and Dysfunctioning (DysCo), Univ Paris Nanterre, F92000 France

*Corresponding author:

Belen Haza

Univ Paris Nanterre, F92000 France

Mail: hazabelen@gmail.com

**Co-last authors

ABSTRACT

Objective: We aimed to validate a computerized tool that will allow neuropsychologists to identify whether a given child with ADHD spontaneously follows social cues, in order to refine his/her cognitive remediation therapy.

Method: We tested 11 children diagnosed with ADHD (mean age = 107 months, SD = 15.9, 3 females) and 22 typically developing children matched for age and gender. The tool presents several trials in which children press a button as quickly as possible when an object appears on the right or left side of the screen, in one of two conditions: Gaze (the model only deviates his/her gaze) and Pointing (the model orients his/her gaze, head and pointing gesture). Before each object, participants saw a video of a model who gazed or pointed to the side of the object (i.e., congruent trials) or the opposite side (i.e., incongruent trials).

Preliminary results: Group analyses revealed that all children showed robust cuing effects (i.e., faster reaction times on congruent than incongruent trials) in the pointing condition. However, unlike typically developing children, children with ADHD did not show gaze cuing effects. These results suggest that our tool is sensitive to impairments in gaze processing, which has previously been reported in ADHD. Here, it detected such impairments in 36% of children with ADHD.

Conclusions: Preliminary results suggest that the tool is sensitive to gaze following impairments in ADHD. However, it should be tested in a larger number of children with ADHD to verify its construct properties and to better assess the sensitivity of the pointing condition.

Keywords: Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder, social cognition, joint attention, neuropsychological assessment

INTRODUCTION

Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder (ADHD) is a neurodevelopmental syndrome characterized by inattention and/or hyperactivity-impulsivity. ADHD is one of the most diagnosed developmental disorders, affecting approximately 5% of children (Polanczyk et al., 2007). This disorder is associated with impairments in cognitive, academic, and familial functioning (Barkley, 2015). Moreover, deficits in social functioning are known to be one of the most negative consequences of this disorder (for several reviews, Hoza, 2007; McQuade & Hoza, 2008; Nijmeijer et al., 2008; Nixon, 2001; Ros & Graziano, 2017). These impairments can later contribute to serious problems in adolescence and adulthood, such as anxiety or even delinquency (Greene et al., 1997; Mrug et al., 2012). At the core of the social deficits encountered by children with ADHD, authors have shown deficits in different domains of social cognition, such as theory of mind (Berenguer et al., 2018; Bolat et al., 2016; Demirci & Erdogan, 2016; Maoz et al., 2019; Mary et al., 2016; Özbaran et al., 2018; Şahin et al., 2018), empathy (Braaten & Rosén, 2000; Demirci et al., 2016; Maoz et al., 2019) and emotion recognition (Aspan et al., 2014; Boakes et al., 2007; Da Fonseca et al., 2009; Parke et al., 2021; Pelc et al., 2006; Williams et al., 2008). In some children with ADHD, these deficits may be accompanied by a difficulty in processing social cues such as gaze (Airdrie et al., 2018; Marotta et al., 2014, 2017; Temeltürk et al., 2023).

In normal cognition, others' gaze and pointing gestures lead to an automatic shift of attention to the side gazed or pointed at (Belopolsky et al., 2008; Galfano et al., 2012; Tipples, 2008; Ulloa et al., 2015). This automatic shift, also known as joint attention, emerges early in socio-cognitive development (Farroni et al., 2004) and is very important for the proper development of theory of mind (Baron-Cohen, 1994; Brooks & Meltzoff, 2015; Charman et al., 2000) and language (Brooks & Meltzoff, 2005, 2008, 2015). Researchers have studied this ability experimentally using a Posner-like paradigm (Posner, 1980) in which participants are asked to press a button as quickly as possible when an object appears on a computer screen. In each trial, a gaze or a pointing finger appears at the center of the screen and indicates the side of the target appearance (i.e., congruent condition) or the opposite side (i.e., incongruent condition). Findings indicate that children and adults exhibit faster target detection or shorter saccade latencies in congruent compared with incongruent conditions, whether exposed to gaze direction (Driver et al., 1999; Friesen & Kingstone, 1998; Galfano et al., 2012; Kuhn et al., 2011; Marotta et al., 2014; Neath et al., 2013; Tipples, 2002) or a pointing finger (Belopolsky

et al., 2008; Cazzato et al., 2012; Fischer & Szymkowiak, 2004; Gregory et al., 2016; Sato et al., 2010; Ulloa et al., 2015). This effect has been reproduced many times, especially using gaze cues, and is referred to in the literature as the *cuing effect* (for a review, Frischen et al., 2007). Although head orientation has been less studied, it is also known to elicit attention-shift effects in healthy individuals (Langton, 2000; Langton & Bruce, 2000).

Given the importance of social cuing in social cognition, several studies have investigated this process in disorders such as schizophrenia (Akiyama et al., 2008; Dalmaso et al., 2013), autism spectrum disorder (ASD; Goldberg et al., 2008; Marotta et al., 2013) and ADHD (Marotta et al., 2014). Marotta et al. (2014) have shown that children with ADHD are faster at detecting a target in congruent versus incongruent trials when primed with non-social cues (i.e., an arrow or a highlighted square), but not when primed with social cues (i.e., a gaze). Consistent with these results, several studies have shown that children with ADHD elicit intact attentional shifting effects when using non-social cues (for a meta-analysis, see Huang-Pollock & Nigg, 2003). Moreover, eye tracking studies showed that children with ADHD look less at other people's eyes than typically developing children (Airdrie et al., 2018; Muszkat et al., 2015) and that they present difficulties in responding to joint attention (Temeltürk et al., 2023). Overall, ADHD is associated with impaired social cue processing, which is consistent with their deficits in social cognition (Bora & Pantelis, 2016; Haza, Gosling, et al., 2023).

However, it is important to note that previous studies based their conclusions on average group performances, and that not all children with ADHD have social deficits. Greene et al. (1997) estimated that 22% of children with ADHD are impaired in social functioning. It is important to identify social difficulties in order to refine diagnosis and cognitive remediation therapy. Here, we validated a tool (referred to as Tool for diagnosing other's gaze following in Neuropsychological disorders or TooN, Haza, Mersali, et al., 2023) that will help clinical neuropsychologists determine whether a given child with ADHD is able to follow social cues. This tool was recently calibrated in children 6 to 10 years old, which is when ADHD diagnosis generally occurs (Sainsbury et al., 2023). We initially sought to validate TooN in children with ADHD because of the great need to develop neuropsychological tests assessing social cognition in this disorder (Parke et al., 2021). However, in the future, TooN should also be validated in other disorders such as ASD (for rationale, see Haza, Mersali, et al., 2023).

As in previous experimental tasks, our tool relies on an ecological social Posner-like paradigm. To investigate the ability to follow social cues, previous studies used more or less realistic static

pictures (i.e., photographs or drawings of faces; Bayliss et al., 2006; Galfano et al., 2012; Marotta et al., 2014; Tipples, 2008; Ulloa et al., 2018), as well as videos or pictures showing only specific body parts (i.e., finger pointing; Belopolsky et al., 2008; Fischer & Szymkowiak, 2004; Gregory et al., 2016; Sato et al., 2010; Ulloa et al., 2015). TooN uses videos of real persons who appear behind a desk, gazing and/or pointing at everyday objects. TooN tests two conditions: (1) the gaze condition, in which the person deviates his/her gaze toward the right or left side, and (2) the pointing condition, in which the person orients his/her gaze, head and finger toward the right or left side. As in classic Posner-like paradigms, response times for congruent and incongruent trials are compared.

When calibrating TooN in typically developing children (Haza, Mersali, et al., 2023), we showed that the pointing condition led to a stronger cuing effect than the gaze condition, probably because combining social cues (i.e., head, gaze and hand orientation) can potentiate cuing effects (Langton et al., 2000). Manipulating the two conditions (i.e., gaze and pointing) is important for therapeutic purposes because some patients could respond to one condition but not the other. TooN may thus identify three profiles of children with ADHD: (1) those who respond to both gaze and pointing, (2) those who only respond to the combined presentation of social cues (i.e., pointing condition) and (3) those who do not respond to any social cue (Haza et al., in prep). Here, we aimed to validate TooN to help neuropsychologists identify social cues following impairments in children with ADHD, which can help them refine diagnosis and/or cognitive remediation therapy for these children.

When our team calibrated TooN in 339 typically developing 6-10-year-olds (Haza, Mersali, et al., 2023), we showed robust cuing effects in the two conditions, although the cuing effects were larger for pointing than gaze. Importantly, we also showed that cuing effects decreased with age, which is probably linked to the development of executive functions such as inhibition (Gregory et al., 2016; Kramer et al., 2005). Moreover, we found larger gaze cuing effects in girls than boys, which may be associated with girls' superior social skills (Alwall et al., 2010; Bosacki, 2000; Derntl et al., 2010; Suzuki et al., 2006). Overall, the results of the psychometric analyses showed that TooN is a sensitive tool that measures social cuing effects in typically developing children. We thus provided normative data taking age and gender into account. Here, we tested whether TooN is sensitive to impaired social cues processing in a group of children with ADHD and whether it can further help identify individuals who present such an impairment. For that purpose, we first conducted group analyses comparing performance in children with ADHD versus typically developing children. Then, we measured individual social

cuing performance in children with ADHD. We plan to compare these profiles with the other elements in the neuropsychological assessment to test the construct properties of TooN.

METHOD

Participants

A total of 33 children (aged 6-10 years old) participated in this study. Eleven were diagnosed with ADHD (mean age = 107 months, SD = 15.9, 3 females) and 22 were typically developing children (mean age = 107 months, SD = 15.5, 6 females) matched to the first group for age and gender. Children in the ADHD group were diagnosed by a clinician after an interview with the parents and the child and after undergoing a full neuropsychological assessment. The ADHD group included eight children who met criteria for the combined subtype (i.e., both inattentiveness and hyperactivity/impulsivity symptoms) and three children who met criteria for the inattentive subtype (i.e., inattention symptoms). All participants with ADHD were recruited through clinical neuropsychologists working in private practice. The inclusion criteria were the diagnosis of ADHD and having no history of mental retardation, brain trauma and/or a neurological or physical impairment. Table 1 lists the characteristics of the children with ADHD and the main conclusions of their neuropsychological assessment.

Control participants were matched to the ADHD group for gender and age and were selected from a larger sample of 339 children recruited from 15 schools in Ile-de-France (Haza, Mersali, et al., 2023). All children in the control group had perfect or corrected vision and had no history of mental retardation, brain trauma or other neurological or psychiatric disorders. All parents were informed of the goal of the study and provided written informed consent according to institutional ethics committee guidelines. The procedure was approved by the ethics committee of the Department of Psychology of Paris Nanterre University.

Table 1. Characteristics of children with ADHD and results of their neuropsychological assessment. [a]Subtest from the Test of Everyday Attention for Children (TEA-ch; Manly et al., 2006); [b]Subtest from the NEPSY-II (Korkman et al., 2012); [c]Subtest from the Wechsler Intelligence Scale for Children - Fifth Edition (WISC-V; Wechsler, 2014); M = Male; F = Female; CBCL = Child Behavior Check-List (Achenbach, 1991) ; CRS = Conners Rating Scale (Conners, 2008); BRIEF = Behavior Rating Inventory of Behavoir Function (Gioia et al., 2000): Rey figure = Rey–Osterrieth Complex Figure (Osterrieth, 1944; Rey, 1941); NA = Not Applicable; ADHD-C = Combined subtype; ADHD-I = Inattentive subtype

Patient characteristics		**Social functioning**		**Attention functioning**		**Executive functioning**	
Patient	**Age (in months)** **Gender** **Subtype**	**Tests / questionnaires**	**Clinical conclusions**	**Tests**	**Clinical conclusions**	**Tests / questionnaires**	**Clinical conclusions**
P1	109 M ADHD-C	CBCL for parents (social problems scale) CRS for parents and teachers (peer relations scale)	Social problems reported by teachers but not by parents	Sky Search[a] and Auditive Attention[b] (*selective attention*) Score![a] (*sustained attention*) Sky Search Dual Task[a] and Score Dual Task[a] (*divided attention*)	Selective and sustained attention impaired Heterogeneity of performance on divided attention	Creature Counting[a], Inhibition[b] (f*lexibility)* Inhibition[b], Associated Responses[b] and Opposite Worlds[a] (*inhibition*) Digit Span[c] (*working memory*) Rey Figure (*planning*) BRIEF for parents and teachers and CRS for parents and teachers (*executive functions*)	Planning impaired Heterogeneity of performances in inhibition and flexibility Working memory preserved Impairments in executive functions reported by parents, but not by teachers
P2	96 M ADHD-C	CRS for parents and teachers (peer relations scale)	Social problems reported by teachers but not by parents	Sky Search[a] and Auditive Attention[b] (*selective attention*) Score![a] and Code Transmission[a] (*sustained attention*)	Heterogeneity in sustained attention Selective attention impaired in auditory modality, but not in visual modality	Inhibition[b] and Associated Responses[b] (*inhibition*) Digit Span[c] (*working memory*) BRIEF for parents and teachers and CRS for	Executive functions preserved when using tasks, but impairments reported by parents and teachers on inhibition, working

Patient characteristics		Social functioning		Attention functioning		Executive functioning	
Patient	**Age (in months)** **Gender** **Subtype**	**Tests / questionnaires**	**Clinical conclusions**	**Tests**	**Clinical conclusions**	**Tests / questionnaires**	**Clinical conclusions**
				Sky search Dual Task[a] (*divided attention*)	Divided attention preserved	parents and teachers (*executive functions*)	memory, planning and flexibility
P3	113 F ADHD-I	CBCL for parents (social problems scale) CRS for parents and teachers (peer relations scale)	Social problems reported by teachers and parents	Sky Search[a] and Auditive Attention[b] (*selective attention*) Score![a] (*sustained attention*) Sky Search Dual Task[a] and Score Dual Task[a] (*divided attention*)	Divided attention impaired Weaknesses in sustained attention Selective attention preserved	Creature Counting[a] and Inhibition[b] (f*lexibility)* Inhibition[b], Associated Responses[b], and Opposite Worlds[a] (*inhibition*) Digit Span[c] (*working memory*) Rey Figure (*planning*) BRIEF for parents and teachers and CRS for parents and teachers (*executive functions*)	Inhibition, planning and flexibility impaired Working memory preserved Impairments in executive functions reported by parents and teachers
P4	97 M ADHD-C	NA	NA	Sky Search[a] and Auditive Attention[b] (*selective attention*) Score![a] (*sustained attention*) Sky Search Dual Task[a] and Score Dual Task[a] (*divided attention*)	Divided attention impaired Sustained and selective attention preserved	Verbal Fluency Test[b] *(flexibility)* Inhibition[b] (*inhibition*) Digit Span[c] (*working memory*)	Weaknesses in inhibition and working memory Flexibility preserved

Patient characteristics		**Social functioning**		**Attention functioning**		**Executive functioning**	
Patient	**Age (in months)** **Gender** **Subtype**	**Tests / questionnaires**	**Clinical conclusions**	**Tests**	**Clinical conclusions**	**Tests / questionnaires**	**Clinical conclusions**
P5	129 M ADHD-C	NA	NA	Sky Search[a] and Auditive Attention[b] (*selective attention*) Score![a] (*sustained attention*) Sky Search Dual Task[a] and Score Dual Task[a] (*divided attention*)	Sustained and divided attention impaired Weaknesses in selective attention	Creature Counting[a] and Verbal Fluency Test[b] *(flexibility)* Associated Responses[b] and Walk/Don't Walk[a] (*inhibition*) Digit Span[c] (*working memory*)	Working memory impaired Flexibility and inhibition preserved
P6	92 M ADHD-C	Affect recognition[b]	Emotion recognition preserved	Sky Search[a] and Auditive Attention[b] (*selective attention*) Score![a] (*sustained attention*) Sky Search Dual Task[a] and Score Dual Task[a] (*divided attention*)	Sustained, selective and divided attention impaired	Verbal Fluency Test[b] *(flexibility)* Inhibition[b] (*inhibition*) Digit Span[c] (*working memory*)	Weaknesses in flexibility, inhibition and working memory
P7	114 M ADHD-I	NA	NA	Auditive Attention[b] (*selective attention*) Score![a] (*sustained attention*) Sky Search Dual Task[a] (*divided attention*)	Sustained, selective and divided attention impaired	Creature Counting[a] and Inhibition[b] (f*lexibility)* Inhibition, Associated Responses[b] and Walk/Don't Walk[a] (*inhibition*) Digit Span[c] (*working memory*)	Flexibility impaired Inhibition and working memory preserved

Patient characteristics		Social functioning		Attention functioning		Executive functioning	
Patient	**Age (in months)** **Gender** **Subtype**	**Tests / questionnaires**	**Clinical conclusions**	**Tests**	**Clinical conclusions**	**Tests / questionnaires**	**Clinical conclusions**
P8	75 F ADHD-C	CRS for parents and teachers (peer relations scale)	No social problems reported	Sky Search[a] and Auditive Attention[b] (*selective attention*) Score![a] and Code Transmission[a] (*sustained attention*) Sky Search Dual Task[a] (*divided attention*)	Sustained and divided attention impaired Selective attention preserved in visual modality but some weaknesses in auditory modality	Inhibition[b] (*inhibition*) Digit Span[c] (*working memory*) BRIEF for parents and teachers and CRS for parents and teachers (*executive functions*)	EF preserved when using tasks, but difficulties reported by parents and teachers on inhibition and working memory
P9	123 F ADHD-C	NA	NA	Sky Search[a], Auditive Attention[b] and Map Mission[a] (*selective attention*) Score![a] (*sustained attention*) Sky Search Dual Task[a] and Score Dual Task[a] (*divided attention*)	Sustained attention and selective auditory attention impaired Heterogeneity in divided attention Selective visual attention preserved	Creature Counting[a] and Inhibition[b] (*flexibility*) Associated Responses[b], Walk/Don't Walk[a] and Inhibition[b] (*inhibition*)	Flexibility and inhibition preserved
P10	122 M ADHD-C	NA	NA	Sky Search[a], Auditive Attention[b] and Map Mission[a] (*selective attention*) Score![a] and Code Transmission[a]	Heterogeneity in sustained and divided attention Selective attention impaired in auditory modality	Design Fluency[b], Creature Counting[a] and Inhibition[b] (*flexibility*) Walk/Don't Walk[a,] Inhibition[b] (*inhibition*) Rey Figure (*planning*)	Weaknesses in planning, working memory, motor inhibition and high impulsivity Flexibility and verbal inhibition preserved

Patient characteristics		Social functioning		Attention functioning		Executive functioning	
Patient	**Age (in months)** **Gender** **Subtype**	**Tests / questionnaires**	**Clinical conclusions**	**Tests**	**Clinical conclusions**	**Tests / questionnaires**	**Clinical conclusions**
				(*sustained attention*) Sky Search Dual Task[a] and Score Dual Task[a] (*divided attention*)	but not in visual modality	Digit Span[c] (*working memory*)	
P11	108 M ADHD-I	NA	NA	Sky Search[a], Map Mission[a] and Auditive Attention[b] (*selective attention*) Score![a] (*sustained attention*) Sky Search Dual Task[a] (*divided attention*)	Sustained attention impaired Selective attention impaired, particularly in auditory modality Divided attention preserved	Creature Counting[a] (*flexibility*) Associated Responses[b] and Walk/Don't Walk[a] (*inhibition*) Digit Span[c] (*working memory*)	Flexibility impaired Weaknesses in inhibition Working memory and planning preserved

Computerized tool (TooN)

The tool for diagnosing other's gaze following in Neuropsychological disorders (TooN) was calibrated in 339 participants (for more information about the tool's calibration and development, see Haza, Mersali, et al., 2023). It is designed to be a Posner-like paradigm using videos of real people orienting their gaze and/or pointing at everyday objects.

Videos. Eight models were individually filmed in a recording studio. For each model, four videos were shot (two in the Gaze condition and two in the Pointing condition). In each video, models were sitting behind a desk in a room with a window, a dark background, white walls, wooden ceiling and a plant. In the Gaze condition, the model looks straight ahead, with his/her hands on the desk and turns his/her gaze to one side without moving his/her body (one video to the right side, one video to the left side). In the Pointing condition, the model looks straight ahead with his/her hands on the desk and then points his/her index finger to one side of the desk, also turning his/her face and gaze (one video to the right side of the desk, one video to the left side of the desk). Videos were cut so that 1.5 seconds precede the onset of gazing or pointing movements, followed by 4.5 seconds (see Haza, Mersali, et al., 2023, for further details).

Objects. Eight copyright-free pictures of everyday objects were selected from the internet: a stapler, a notebook, a pair of scissors, glasses, a watch, a mobile phone, a pen, and scotch tape. The objects were placed against a transparent background, to allow visual overlaying with the desk and background. Objects were centered into a picture 170 pixels long and 128 pixels wide. In the Gaze condition, the object appeared next to the model's face, on the gazed spot or on the opposite side (at 23% of the screen in height and at around 12° of visual angle on the x-axis). In the Pointing condition, the object appeared on the desk, on the pointed spot or the opposite side (at 76% of the screen in height, at 12° of visual angle on the x-axis). The objects appearing next to the model's head (in the Gaze condition) were reduced by 15% of their size, to look more natural (see Haza, Mersali, et al., 2023, for further details).

Conditions and trials. The tool presents two identical sequences of the same 60 trials. Only the pseudo-random order of the trials differed between sequences. In each sequence, an object appeared in 48 of the 60 trials. The 12 trials in which no objects appear ensure that children press the spacebar only when they detect a target and not randomly or impulsively. Of the 48 trials with a target, 32 were congruent and 16 were incongruent; these were equally distributed between the Gaze and Pointing conditions. The eight models and eight objects were seen twice

in each congruent condition and once in each incongruent condition. The right side of the screen was primed in half of the trials, and the left side on the other half. In the 12 trials without a target, each model was presented again once or twice in a condition that was chosen randomly by the program, so that every four conditions (Gaze Left, Gaze Right, Pointing Left, Pointing Right) were seen three times. The trials were pseudo-randomized using an algorithm similar to the Fisher–Yates to ensure there were no sequences of three trials without objects and that the models were equally distributed.

Procedure

Children in the control group were tested individually in a quiet room at their school to minimize auditory or visual distractions. Children in the ADHD group were tested by a neuropsychologist during their neuropsychological assessment or rehabilitation session in a quiet office. Testing was conducted on different laptop computers with screen size ranging from 12'' to 15.6'' and resolution ranging between 1366x768 and 1920x1080. The laptop screen was aligned with the child's midline. The distance between the screen and the child was calculated so that the targets appeared at approximately the same angle of peripheral vision.

Each trial began with a blue fixation circle presented for 500 milliseconds (ms). The circle covered 7.8% of the screen width in pixels and appeared at 50% of the screen width and 23% in height, approximately at the level of the model's head that appeared afterwards. Then, a video appeared in one of four conditions (Gaze Right, Gaze Left, Pointing Right, Pointing Left). Afterwards, a target object appeared on the side indicated by the model (i.e., congruent trials) or on the opposite side (i.e., incongruent trials). The target objects appeared 2.4 seconds after the video's onset in the Gaze condition and 2.8 seconds after the video's onset in the Pointing condition.

Children were asked to press the spacebar as soon as possible when an object appeared on the screen, or not to press it if no object appeared. The next trial began once the answer was given or after the video's offset. The order of trials was pseudo-randomly assigned for each child. Figure 1 depicts an illustration of the time course of a trial. Between the two sequences, children were tested on other neuropsychological tasks for about 5-10 minutes, so they wouldn't get tired or lose motivation.

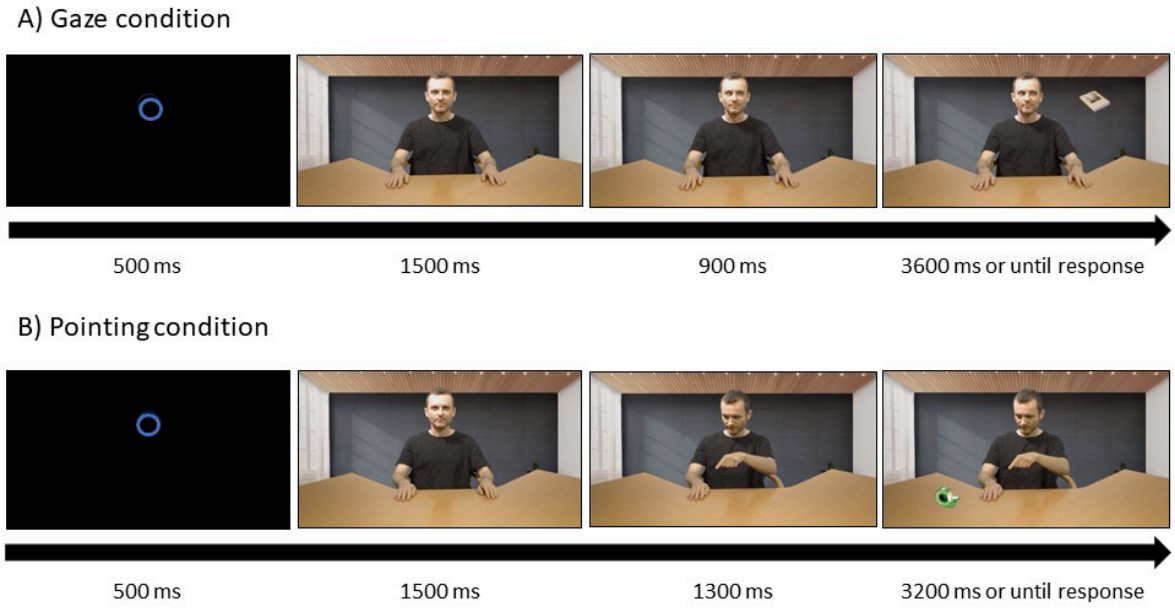

Figure 1: Time course of an experimental trial in the Gaze and Pointing conditions (modified from Haza, Mersali, et al., 2023). First, a blue fixation circle appeared for 500 ms. Participants were asked to look at the circle and then at the model's head until the object appeared, at which time they were free to initiate eye movements. All videos lasted 6 seconds. In the **B) Gaze condition**, the model initiated gaze movements 1500 ms after video onset. Then, the object appeared 900 ms after the initiation of the gaze movement and the participant had 3600 ms to respond. In the **B) Pointing condition**, the model initiated pointing movements 1500 ms after video onset. Then, the object appeared 1300 ms after the initiation of the pointing movement and the participant had 3200 ms to respond.

Statistical analyses

Group analyses

Reaction times below 200 ms were considered errors in all analyses (only 3 trials). First, we computed the Percentage of Correct Responses (%CR). This variable was then submitted to a repeated measures analysis of variance (ANOVA) with Sequence (Sequence 1 vs. Sequence 2), Cue (Gaze vs. Pointing), and Congruency (Congruent vs. Incongruent vs. No object) as within-subjects factors and Group (ADHD vs. Control) as the between-factor. Second, we computed the Reaction Times (in ms) of the correct responses in trials with objects (RTs). This variable was also submitted to an ANOVA with Sequence (Sequence 1 vs. Sequence 2), Cue (Gaze vs. Pointing), and Congruency (Congruent vs. Incongruent) as within-subjects factors and Group (ADHD vs. Control) as the between-factor. Further planned comparisons were performed using t-tests to test our hypotheses. Third, for each type of cue (Gaze and Pointing), we estimated the

cuing effect by calculating differences between congruent and incongruent trials (RTs for the Incongruent trials – RTs for the Congruent trials). These cuing effects were also submitted to an ANOVA with Sequence (Sequence 1 vs. Sequence 2) and Cue (Gaze vs. Pointing) as within-subjects factors and Group (ADHD vs. Control) as the between-factor. Finally, for each group (ADHD and Control) and cuing condition (Gaze and Pointing), cuing effects were tested with a two-tailed t-test against 0. For all analyses of variance conducted, the partial eta squared (η^2_p) was indicated when an effect was significant. Cohen's d was used to determine the effect size in t-test analyses.

Individual patient analyses

To indicate the level of performance of a given child on each RT and cuing effect measure, TooN automatically computes individual adjusted z-scores after each test, based on the normative data of a sample of 339 typically developing children ages 6 to 10 years old (see Haza, Mersali, et al., 2023). TooN provides the adjusted z-scores for each RT and cuing effect condition. As previous results revealed an effect of age and gender on performance (RTs and cuing effects), the calculation of adjusted z-scores is based on the regression analyses done separately for girls and boys including age as a regressor. The formula is as follows:

$$Zscore = \frac{Observed\ value - Predictive\ value}{RMSE}$$

Where:

- ***Observed value*** is the participant's raw score.
- ***Predicted value*** is the predicted population mean score. To calculate this value, the intercept, the regression coefficient and the patient's age (in months) are needed.

  The formula is: $Intercept + Regression\ coefficient\ x\ Age$

  RMSE is the root mean square error of the regression equation. In other words, it is the square root of the mean squared differences between observed and predicted scores.

The different scores (i.e., intercept, regression coefficient and RMSE) can be found in Haza, Mersali, et al. (2023) to calculate the z-scores. Here, we described the profile of each child with ADHD after reporting the z-scores for cuing effects (Gaze and Pointing) and global RT.

Furthermore, TooN provides the %CR, omissions (i.e., when an object appeared and the child did not press a button) and false alarms (i.e., when an object did not appear, but the child pressed the button). For these data, TooN indicates whether a raw score is below or above the 5th

percentile rank. Here, we used this threshold to identify abnormal performances on %CR, omissions, and false alarms. Our method is explained in more detail below.

Link between performance on TooN versus other tests

To test which performances on TooN may be linked to attentional, executive, and/or social functioning, we conducted correlation analyses between RTs, %CRs and omission scores and global performance on two attentional tests (i.e., "Sky search" and "Score!" subtests from the TEA-ch), as well as between the number of false alarms on TooN and performance on inhibition (i.e., "Inhibition" subtest from NEPSY-II). In all analyses, p-values were adjusted with Bonferroni corrections. The lack of data on social functioning (assessed with Conners Rating Scales, Child Behavior Checklist and Affect Recognition from the NEPSY-II) did not allow us to conduct correlation analyses between social functioning and social cuing effects.

Data availability

Raw data will be publicly shared in OSF (https://osf.io/).

PRELIMINARY RESULTS

Group analyses

First, the ANOVA on %CR only revealed an effect of Group, $F(1.31) = 8.89$, $p < .01$, $\eta^2_p = 0.22$. Typically developing children ($M = 99.3$, $SE = 0.6$) had higher %CRs than children with ADHD ($M = 96.1$, $SE = 0.9$; see Table 2).

Table 2. Mean Percentages of Correct Response (%CR) and Standard Errors (SE) according to Group (ADHD vs. Control), Cue (Gaze vs. Pointing) and Congruency (Congruent vs. Incongruent vs. No object).

%CR	Gaze			Pointing		
	Congruent	Incongruent	No object	Congruent	Incongruent	No object
ADHD	96.9	95.5	95.5	96.6	94.3	97.7
M (SE)	(1.2)	(1.3)	(1.5)	(1.0)	(1.7)	(1.0)
Control	99.3	99.7	99.2	99.1	98.9	99.6
M (SE)	(0.8)	(0.9)	(1.0)	(0.7)	(1.2)	(0.7)

Second, the ANOVA on RTs showed an effect of Cue, $F(1.31) = 13.10$, $p < .01$, $\eta^2_p = 0.30$. Children had smaller RTs in Pointing (M = 696, SE = 41) than in Gaze condition (M = 744, SE = 42). The analysis also revealed an effect of Congruency, $F(1.31) = 26.05$, $p < .001$, $\eta^2_p = 0.46$. Children were faster on Congruent (M = 687, SE = 39) than Incongruent trials (M = 752, SE = 45). Finally, the analysis revealed a trending effect of Group, $F(1.31) = 3.32$, $p = .08$, $\eta^2_p = 0.10$. Typically developing children (M = 644, SE = 48) had smaller RTs than children with ADHD (M = 795, SE = 67).

The interaction between Group, Cue and Congruency was not significant. However, planned comparisons showed that typically developing children were faster on Congruent than Incongruent trials, in both the Gaze (Congruent: M = 632, SE = 40; Incongruent: M = 695, SE = 49; $t(21) = -3.62$, $p < .01$, $d = 0.77$) and Pointing conditions (Congruent M = 590, SE = 42, Incongruent: M = 660, SE = 43; $t(21) = -4.20$, $p < .001$, $d = 0.90$). By contrast, children with ADHD were faster on Congruent than Incongruent trials in the Pointing condition only (Congruent: M = 714, SE =71; Incongruent: M = 815, SE = 94; $t(10) = -3.79$, $p < .01$, $d = 1.14$). As expected, no significant difference between Congruent and Incongruent trials was observed in the Gaze condition for children with ADHD (Congruent: M = 809, SE = 80; Incongruent: M = 838, SE = 86; $t(10) = -0.83$, $p = .43$; see Figure 2).

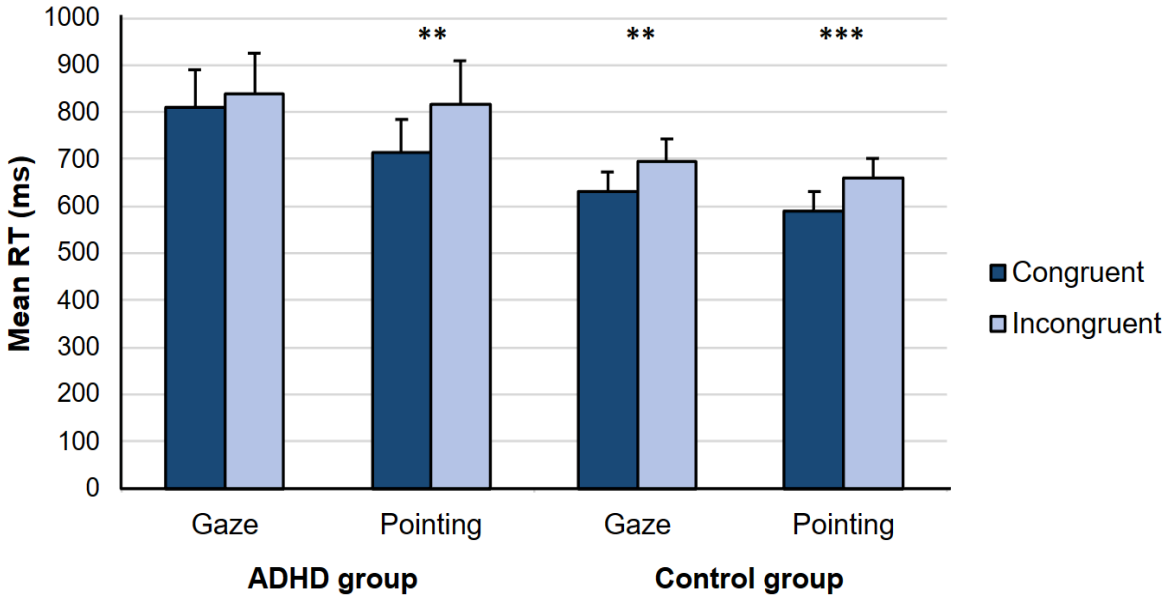

Figure 2: Mean Reaction Times (RT) and Standard Errors (SE) according to Group (ADHD vs. Control), Cue (Gaze vs. Pointing) and Congruency (Congruent vs. Incongruent).

The ANOVA on cuing effects only revealed a trending effect for Cue, $F(1.31) = 3.92$, $p = .06$, $\eta^2_p = 0.11$. Children had a larger cuing effect in the Pointing condition ($M = 85$, $SE = 16$) than in the Gaze Condition ($M = 45$, $SE = 17$; see Table 3). Moreover, t-tests analyses against 0 confirmed that pointing cuing effects were significantly higher than 0 for the control group ($t(21) = 4.20$, $p < .001$, $d = 0.90$) and the ADHD group ($t(10) = 3.79$, $p < .01$, $d = 1.14$). However, the gaze cuing effect was higher than 0 for the control group ($t(21) = 3.62$, $p < .01$, $d = 0.77$), but not for the ADHD group ($t(10) = 0.83$, $p = .43$).

Table 3. Means and Standard Errors (SE) for cuing effects (RTs for Incongruent trials - RTs for Congruent trials) in children with ADHD and with typical development.

Cuing effect (ms)	Gaze	Pointing
ADHD	26	102
M (SE)	(28)	(25)
Control	64	69
M (SE)	(20)	(18)

Individual patient analyses

Performances on TooN

In French clinical practice, z-scores of -1.65 or +1.65 are considered to be the cutoff determining deviation from the norm (Colombo et al., 2016). Here, this threshold is used to identify an abnormal processing speed (i.e., a long RT) in children with ADHD. Importantly, a larger z-score is associated with a longer RT and thus greater impairment. For the %CRs, the omissions and the false alarms, TooN indicates whether a score is below or above the 5th percentile rank (which corresponds to a z-score of -1.65). Here, we used this threshold to identify difficulties in performing the task in children with ADHD.

We identified: (1) one patient (P2) with abnormal scores for processing speed, precision, false alarms and omissions; (2) one patient (P6) with abnormal scores for processing speed, precision and omissions, but not for false alarms; (3) one patient (P4) with only abnormal scores for processing speed; (4) one patient (P10) with only difficulties in false alarms; and (5) seven patients (P1, P3, P5, P7, P8, P9, P11) who did not perform poorly on any task. Table 4 depicts the raw scores, z-scores and interpretations related to processing speed, precision, omissions, and false alarms.

Table 4. Performance on TooN (i.e., processing speed, precision, omissions, and false alarms) of each child with ADHD. RT = Reaction Time; %CR = Percentage of Correct Responses; PR = Percentile Rank; N = Number; Z = Z-score. The symbol "-" indicates a score that deviates from the norm (below percentile rank 5 or above a z-score of +1.65) and the symbol "+" indicates a score that does not deviate from the norm (above percentile rank 5 or below a z-score of +1.65).

Patient	Processing speed			Precision			Omissions			False alarms		
	RT	Z	+/-	%CR	PR	+/-	N	PR	+/-	N	PR	+/-
P1	569	-0.132	+	100	> 5	+	0	> 5	+	0	> 5	+
P2	1040	2.441	-	84.2	≤ 5	-	4	≤ 5	-	15	≤ 5	-
P3	592	-0.232	+	96.7	> 5	+	0	> 5	+	4	> 5	+
P4	924	1.738	-	98.3	> 5	+	1	> 5	+	1	> 5	+
P5	569	0.496	+	100	> 5	+	0	> 5	+	0	> 5	+
P6	1241	3.587	-	90.8	≤ 5	-	8	≤ 5	-	3	> 5	+
P7	625	0.379	+	98.3	> 5	+	1	> 5	+	1	> 5	+
P8	1106	1.145	+	94.2	> 5	+	0	> 5	+	7	> 5	+
P9	721	0.733	+	100	> 5	+	0	> 5	+	0	> 5	+
P10	472	-0.338	+	95.8	> 5	+	0	> 5	+	5	≤ 5	-
P11	742	0.931	+	100	> 5	+	0	> 5	+	0	> 5	+

Social cues following profile on TooN

For each individual, TooN first calculates the z-scores of the cuing effects (i.e., the difference between congruent and incongruent trials, separately for Gaze and Pointing). Z-scores situate the child's performance on a continuum, leading to several interpretations (identical for the Gaze and Pointing conditions – see Table 5), as follows:

- When the z-score is between -0.674 and +0.674 (which corresponds to the 25th and 75th percentiles), TooN classifies the participant as a "*responder*" (which means that the child follows social cues similarly to his/her reference group).
- When the z-score is above +0.674 (which corresponds to the 75th percentile), the child is considered to be a "*strong responder*".

- When the z-score is between -1.282 and -0.674 (which corresponds to the 10th and 25th percentiles), TooN indicates "*low responder*".
- When the z-score is at or below -1.282 (which corresponds to the 10th percentile), TooN classifies the child as a "*very low responder*".
- A cuing effect at or below 0 milliseconds indicates no difference between congruent and incongruent trials, suggesting that the child did not process social cues. In this case, TooN does not provide the z-score but indicates "*non-responder*".

Table 5. Overview of the interpretation associated to each z-score

Score	Interpretation
Cuing effect ≤ 0 ms	Non-responder
Z-score ≤ -1.282	Very low responder
-1.282 < Z-score ≤ -0.674	Low responder
-0.674 < Z-score ≤ +0.674	Responder
Z-score > +0.674	Strong responder

Applying these criteria, we identified one patient as "*responder*" to Gaze and "*low responder*" to Pointing (P3), four who were "*non-responder*" to Gaze but "*responder*", "*strong responder*" or "*low responder*" to Pointing (P1, P2, P4, P11), and six "responders" or "strong responders" to both Gaze and Pointing (P5, P6, P7, P8, P9, P10). As expected, no child was identified as "*responder*" for Gaze but "*non-responder*" for Pointing. Table 6 depicts the cuing effects, z-scores, and the associated interpretations.

Table 6. Social cues following profile for each child with ADHD.

Patient	Gaze			Pointing		
	Cuing effect (ms)	Z-score	Interpretation	Cuing effect (ms)	Z-score	Interpretation
P1	-64	Not calculated	**Non-responder**	21	-0.674	**Low responder**
P2	-88	Not calculated	**Non-responder**	45	-0.587	**Responder**
P3	110	0.577	**Responder**	18	-0.707	**Low responder**
P4	-100	Not calculated	**Non-responder**	156	0.753	**Strong responder**
P5	104	1.052	**Strong responder**	80	0.338	**Responder**
P6	206	1.988	**Strong responder**	276	2.108	**Strong responder**
P7	76	0.586	**Responder**	127	0.668	**Responder**
P8	162	0.842	**Strong responder**	243	1.217	**Strong responder**
P9	27	-0.230	**Responder**	44	-0.222	**Responder**
P10	34	0.140	**Responder**	39	-0.259	**Responder**
P11	-150	Not calculated	**Non-responder**	69	-0.116	**Responder**

Link between performance on TooN and other tests

Table 7 summarizes, for each child with ADHD, the main results on TooN and on the other neuropsychological assessments. Correlation analyses run on our 11 children with ADHD between TooN scores (RT, %CR, omissions, and false alarms) and attentional (on Sky Search and Score! tests) and inhibition (on NEPSY-II subtest) performance did not show significant results, all ps > .1. However, we must test a larger number of children with ADHD to further investigate the link between performance on TooN and on the other tests.

Table 7. Performance overview of each child with ADHD for TooN and other neuropsychological tests. RT = Reaction Times; %CR = Percentage of Correct Responses; FA = False Alarms; ER = Emotion Recognition; WM = Working Memory. For precision and speed, the symbol "-" indicates a score that deviates from the norm (i.e., below percentile rank 5 or above a z-score of +1.65) and the symbol "+" is a score that does not deviate from the norm (i.e., above percentile rank 5 or below a z-score of +1.65). For cuing effects, the symbol "-" indicates that the patient is a "*non-responder*" and the symbol "+" that he/she is a "*low responder*", "*responder*" or "*strong responder*". For all other data, the symbol "-" is used when the neuropsychologist indicated low performance relative to children of the same age, whereas the symbol "+" is used when performance did not deviate from the norm. NA indicates when data were not collected for the given function or when no conclusions can be drawn.

Patient	TooN results						Neuropsychological assessment									
	Precision and speed				Cuing effects		Social functioning			Attention			Executive functioning			
	RT	%CR	Omissions	FA	Gaze	Pointing	Parent	Teacher	ER	Sustained	Selective	Divided	Flexibility	Inhibition	WM	Planning
P1	+	+	+	+	-	+	+	-	NA	-	-	-	-	-	+	-
P2	-	-	-	-	-	+	+	-	NA	-	-	+	NA	+	+	NA
P3	+	+	+	+	+	+	-	-	NA	-	+	-	-	-	+	-
P4	-	+	+	+	-	+	NA	NA	NA	+	+	-	+	-	-	NA
P5	+	+	+	+	+	+	NA	NA	NA	-	-	-	+	+	-	NA
P6	-	-	-	+	+	+	NA	NA	+	-	-	-	-	-	-	NA
P7	+	+	+	+	+	+	NA	NA	NA	-	-	-	-	+	+	NA
P8	+	+	+	+	+	+	+	+	NA	-	+	-	NA	+	+	NA
P9	+	+	+	+	+	+	NA	NA	NA	-	-	-	+	+	NA	NA
P10	+	+	+	-	+	+	NA	NA	NA	-	-	-	+	+	-	-
P11	+	+	+	+	-	+	NA	NA	NA	-	-	+	-	-	+	+

DISCUSSION

We aimed to validate an ecological tool that will allow neuropsychologists to identify whether a given child with ADHD is able to follow social cues. For this purpose, we compared the performance of children with ADHD to that of a group of typically developing children who were matched for age and gender to the first group. Moreover, we compared the performance of each child with ADHD with that of normative data collected from 339 typically developing children ages 6 to 10 years old (see Haza, Mersali, et al., 2023). First, group analyses suggested that children in both groups showed, on average, robust cuing effects in the pointing condition (i.e., combined presentation of gaze, head and pointing gestures). However, unlike the control group, the group of children with ADHD did not show cuing effects in the gaze condition (i.e., gaze alone). Second, individual analyses showed that not all children with ADHD were impaired in responding to gaze cues, confirming the relevance of assessing this ability. Results are presented and discussed in more detail below.

Group differences in social cues following

Our findings show robust gaze and pointing cuing effects in typically developing children. On average, they were faster on congruent than incongruent trials for both cues. In contrast, children with ADHD did not present significant gaze cuing effects. This finding converges with previous evidence for a difficulty in gaze processing in ADHD (Airdrie et al., 2018; Marotta et al., 2014, 2017; Temeltürk et al., 2023). Using a Posner-like paradigm, Marotta et al. (2014) reported cuing effects when children with ADHD were exposed to non-social cues, but not when exposed to a drawing of a face deviating gaze. Here, we confirmed these findings using much more ecological stimuli: videos of real people gazing at everyday objects in an ecological environment. Replicating the finding of Marotta et al. supports the view that TooN is a valid tool for assessing the ability of children with ADHD to follow others' gaze.

On average, typically developing children had a higher percentage of correct responses than children with ADHD, and also tended to be faster. These findings suggest that, in addition to social cues following, TooN is also sensitive to general attentional abilities. Indeed, we previously showed that performance on TooN was correlated with performance on a visual attention task (Haza, Mersali, et al., 2023). However, the hypothesis that TooN can measure attentional and executive abilities in addition to social cues processing still lacks empirical

evidence. Further analyses will be conducted in a larger group of participants to assess the link between performance on TooN and other cognitive tests.

One might expect pointing following to also be impaired in ADHD. However, we observed robust pointing cuing effects in both groups of children (typically developing and with ADHD). Interestingly, Dalmaso et al. (2013) showed that patients with schizophrenia, who are often impaired in social cognition, also showed preserved cuing effects with pointing but not with gaze. Perhaps participants are less likely to ignore pointing because, beyond its social aspect, it is visually more obvious. This is also probably why previous studies conducted with typically developing children reported larger cuing effects with pointing than with gaze (Gregory et al., 2016; Haza, Mersali, et al., 2023). It is noteworthy that this effect was not reproduced in the present data. However, our sample contained more boys than girls and was very small compared to our previous study (Haza, Mersali, et al., 2023), in which we included more than 60 participants for each age group (6, 7, 8, 9 and 10 years old) and a similar number of girls and boys (169 girls and 170 boys). As we have previously shown effects of age and gender on TooN performance, these variables may account for the differences observed among studies.

Detecting impairments in social cues following

To assess a given child's ability to follow social cues, TooN automatically calculates z-scores associated to gaze and pointing cuing effects based on normative data. The individual results showed that four children with ADHD (i.e., ~36% of the sample) did not respond to gaze, while all others did. Thus, although on average children with ADHD show impairments in gaze following, not all of them present this difficulty. In non-responder children, the impairment may indicate higher levels of social problems that are known to be present in at least 22% of children with ADHD (Greene et al., 1997). To start testing this hypothesis, we looked at the questionnaires and tests in the neuropsychological assessment that measure social functioning (i.e., relational difficulties or emotion recognition). Data were available for five children only: two non-responders and three responders. For the non-responders, social difficulties were reported by teachers but not by parents. Among the three responders, one presented social difficulties according to his/her parents and teachers, while the other two children did not have social difficulties (one had no difficulties on an emotion recognition test and the other had no social difficulties according to his/her parents and teachers). The lack of data regarding social functioning in our group of children with ADHD limits our conclusions. In the future, we will supplement TooN assessment with a questionnaire assessing social functioning in everyday life

(e.g., Conners Rating Scales). This is necessary to determine whether social cues following is linked to higher-level social skills, as reported in the literature (e.g., Baron-Cohen, 1994; Csibra & Gergely, 2009). Importantly, individual analyses showed that the eleven children with ADHD responded to pointing (including two children who were low responders). This finding confirms group analyses that show robust pointing cuing effects in children with ADHD. It further supports the view that the absence of pointing cuing effects may reflect stronger impairments in social cues processing than the absence of gaze cuing effects alone. However, TooN must be tested in a larger sample of children with ADHD to examine this issue. We only identified one child with ADHD who did not respond to gaze and was a low responder in pointing, suggesting a stronger impairment in this child compared with the others.

Deficits in attention and inhibition are the core symptoms of ADHD (American Psychiatric Association, 2013; Barkley, 1997). To address this, TooN does not only compute the z-scores of the cuing effects, but also provides the z-scores for reaction times and indicates if the %CRs, false alarms (i.e., pressing the button when no object appears) and omissions (i.e., not pressing the button when an object appears) are below or above the 5th percentile rank. Indeed, low %CRs and RTs and/or high omissions should corroborate a suspicion of attention deficit, while high false alarms should corroborate a suspicion of inhibition impairments (Haza, Mersali, et al., 2023). We identified four children with abnormal scores: the first one showed very low scores for all variables (processing speed, precision, false alarms, and omissions); the second showed very low scores for processing speed, precision, and omissions, but not for false alarms; the third showed a very low score in processing speed, and the last one showed only a very low score in false alarms. We did not find a link between performance on TooN and on tests assessing executive functions and attention. However, these analyses were conducted in a small sample. In the future, we will recruit a larger sample of children with ADHD, in order to determine whether results on TooN can corroborate attentional and/or executive difficulties that are often observed in children with ADHD (e.g., executive function impairments were observed in 36% of children in Sjöwall et al., 2013).

Limitations

This study has several limitations. The first one concerns our sample. The number of children included in the ADHD group was small, which limits observations also if we consider that this disorder is characterized by its heterogeneity (Coghill et al., 2014; Willcutt et al., 2005; Fair et al., 2012; Sjöwall & Thorell, 2019). Moreover, children with ADHD were recruited through

neuropsychologists working in private practice, which restricts the patient profile to a specific group. Namely, children who consult a clinician working in private practice are more likely to have higher socio-economic status. Furthermore, seven of the patients included had been receiving cognitive remediation therapy for several years and are probably more accustomed to neuropsychological tasks than the typically developing children. In the future, we plan to test a larger and more representative sample of children with ADHD. Because of the small sample size, we could not determine what TooN really measures. With a larger sample, we will conduct several correlation analyses between performance on TooN and results on neuropsychological tasks measuring different cognitive functions (e.g., attention, executive functions, social functioning).

Finally, TooN does not include a condition with non-social cues and does not allow us to determine conclusively whether a given child with ADHD has a specific difficulty in the social sphere. However, neuropsychological tests are always designed to be used as part of a global assessment including tests of attention, executive and social functioning. For example, if a child with ADHD does not follow gaze and/or pointing, the neuropsychologist must compare the child's performance to his/her performance on other cognitive tests to determine whether the child has a specific social difficulty or if low performance is secondary to an executive and/or attention deficit. Furthermore, even if the deficit in social cues following is not purely social, TooN can identify an impairment in a specific aspect of social cognition that may affect everyday life and should thus be addressed.

CONCLUSIONS AND CLINICAL IMPLICATIONS

Our preliminary results support the view that TooN can be used as part of the neuropsychological assessment of children with ADHD to identify difficulties in social cues processing. It may also help identify potential social cognitive impairments and/or corroborate other cognitive difficulties (e.g., attention or inhibition impairments). TooN cannot be used alone to diagnose; the neuropsychologist must compare performance on TooN to performance on other neuropsychological tests in order to adequately assess an individual's cognitive and social functioning. Nevertheless, because it does not involve high level abilities such as language and memory, and because it is very easy to administer, TooN represents a valuable addition to the assessment protocol for evaluating children with ADHD.

ACKNOWLEDGMENTS

We would like to thank Jawel Mersali, computer engineer, for the development of the computerized tool. We would also like to thank Cassandre Clément, Clarisse Duchon and Romain Provendier, clinical neuropsychologists, for their participation in testing the tool on children with ADHD.

DISCLOSURE STATEMENT

The authors report there are no competing interests to declare.

DATA AVAILABILITY STATEMENT

All raw data generated during the current study will be publicly available at OSF (https://osf.io/).

FUNDING DETAILS

This study was funded by the University Paris Lumière (project “TooN-2019.22”).

REFERENCES

Achenbach, T. M. (1991). Manual for the Child Behaviour Check-List/4-18 and 1991 Profile. Burlington.

Airdrie, J. N., Langley, K., Thapar, A., & van Goozen, S. H. M. (2018). Facial Emotion Recognition and Eye Gaze in Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder With and Without Comorbid Conduct Disorder. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, *57*(8), 561–570. https://doi.org/10.1016/j.jaac.2018.04.016

Akiyama, T., Kato, M., Muramatsu, T., Maeda, T., Hara, T., & Kashima, H. (2008). Gaze-triggered orienting is reduced in chronic schizophrenia. *Psychiatry Research*, *158*(3), 287–296. https://doi.org/10.1016/j.psychres.2006.12.004

Alwall, N., Johansson, D., & Hansen, S. (2010). The gender difference in gaze-cueing: Associations with empathizing and systemizing. *Personality and Individual Differences*, *49*(7), 729–732. https://doi.org/10.1016/j.paid.2010.06.016

American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders* (5th ed.). https://doi.org/10.1176/appi.books.9780890425596

Aspan, N., Bozsik, C., Gadoros, J., Nagy, P., Inantsy-Pap, J., Vida, P., & Halasz, J. (2014). Emotion Recognition Pattern in Adolescent Boys with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *BioMed Research International*, 1–8. https://doi.org/10.1155/2014/761340

Barkley, R. A. (1997). Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions: Constructing a unifying theory of ADHD. *Psychological Bulletin*, *121*(1), 65–94. https://doi.org/10.1037/0033-2909.121.1.65

Barkley, R. A. (2015). *Attention-Deficit Hyperactivity Disorder: A Handbook for Diagnosis and Treatment* (4th ed.). The Guilford Press.

Baron-Cohen, S. (1994). How to build a baby that can read minds: Cognitive mechanisms in mindreading. *Cahiers de Psychologie Cognitive/Current Psychology of Cognition*, *13*, 513–552.

Bayliss, A. P., Paul, M. A., Cannon, P. R., & Tipper, S. P. (2006). Gaze cuing and affective judgments of objects: I like what you look at. *Psychonomic Bulletin & Review*, *13*(6), 1061–1066. https://doi.org/10.3758/BF03213926

Belopolsky, A. V., Olivers, C. N. L., & Theeuwes, J. (2008). To point a finger: Attentional and motor consequences of observing pointing movements. *Acta Psychologica*, *128*(1), 56–62. https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2007.09.012

Berenguer, C., Roselló, B., Colomer, C., Baixauli, I., & Miranda, A. (2018). Children with autism and attention deficit hyperactivity disorder. Relationships between symptoms and executive function, theory of mind, and behavioral problems. *Research in Developmental Disabilities*, *83*, 260–269. https://doi.org/10.1016/j.ridd.2018.10.001

Boakes, J., Chapman, E., Houghton, S., & West, J. (2007). Facial Affect Interpretation in Boys with Attention Deficit/Hyperactivity Disorder. *Child Neuropsychology*, *14*(1), 82–96. https://doi.org/10.1080/09297040701503327

Bolat, N., Eyuboglu, D., Eyüboğlu, M., Sargin, E., & Eliacik, K. (2016). Emotion recognition and theory of mind deficits in children with attention deficit hyperactivity disorder. *Anadolu Psikiyatri Dergisi*, *18*(3), 250–256. https://doi.org/10.5455/apd.237695

Bora, E., & Pantelis, C. (2016). Meta-analysis of social cognition in attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD): Comparison with healthy controls and autistic spectrum disorder. *Psychological Medicine*, *46*(4), 699–716. https://doi.org/10.1017/S0033291715002573

Bosacki, S. L. (2000). Theory of mind and self-concept in preadolescents: Links with gender and language. *Journal of Educational Psychology*, *92*(4), 709–717. https://doi.org/10.1037/0022-0663.92.4.709

Braaten, E. B., & Rosén, L. A. (2000). Self-regulation of affect in attention deficit-hyperactivity disorder (ADHD) and non-ADHD boys: Differences in empathic responding. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, *68*(2), 313–321. https://doi.org/10.1037/0022-006X.68.2.313

Brooks, R., & Meltzoff, A. N. (2005). The development of gaze following and its relation to language. *Developmental Science*, *8*(6), 535–543. https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2005.00445.x

Brooks, R., & Meltzoff, A. N. (2008). Infant gaze following and pointing predict accelerated vocabulary growth through two years of age: A longitudinal, growth curve modeling study. *Journal of Child Language*, *35*(1), 207–220. https://doi.org/10.1017/S030500090700829X

Brooks, R., & Meltzoff, A. N. (2015). Connecting the dots from infancy to childhood: A longitudinal study connecting gaze following, language, and explicit theory of mind. *Journal of Experimental Child Psychology*, *130*, 67–78. https://doi.org/10.1016/j.jecp.2014.09.010

Cazzato, V., Macaluso, E., Crostella, F., & Aglioti, S. M. (2012). Mapping reflexive shifts of attention in eye-centered and hand-centered coordinate systems. *Human Brain Mapping*, *33*(1), 165–178. https://doi.org/10.1002/hbm.21202

Charman, T., Baron-Cohen, S., Swettenham, J., Baird, G., Cox, A., & Drew, A. (2000). Testing joint attention, imitation, and play as infancy precursors to language and theory of mind. *Cognitive Development*, *15*(4), 481–498. https://doi.org/10.1016/S0885-2014(01)00037-5

Coghill, D. R., Seth, S., & Matthews, K. (2014). A comprehensive assessment of memory, delay aversion, timing, inhibition, decision making and variability in attention deficit hyperactivity disorder: Advancing beyond the three-pathway models. *Psychological Medicine*, *44*(9), 1989–2001. https://doi.org/10.1017/S0033291713002547

Colombo, F., Amieva, H., Lecerf, T., & Verdon, V. (2016). La norme en neuropsychologie, un concept à facettes multiples. *Revue de neuropsychologie*, *8*(1), 61–69. https://doi.org/10.1684/nrp.2016.0365

Conners, C. K. (2008). *Conners—Third edition*. Multi-Health Systems Inc. https://www.pearsonclinical.ca/store/caassessments/en/Store/Professional-Assessments/Behavior/Interventionconners/Conners%E2%80%94Troisi%C3%A8me-%C3%A9dition/p/P100008373.html

Csibra, G., & Gergely, G. (2009). Natural pedagogy. *Trends in Cognitive Sciences*, *13*(4), 148–153. https://doi.org/10.1016/j.tics.2009.01.005

Da Fonseca, D., Seguier, V., Santos, A., Poinso, F., & Deruelle, C. (2009). Emotion Understanding in Children with ADHD. *Child Psychiatry and Human Development*, *40*(1), 111–121. https://doi.org/10.1007/s10578-008-0114-9

Dalmaso, M., Galfano, G., Tarqui, L., Forti, B., & Castelli, L. (2013). Is social attention impaired in schizophrenia? Gaze, but not pointing gestures, is associated with spatial attention deficits. *Neuropsychology*, *27*(5), 608–613. https://doi.org/10.1037/a0033518

Demirci, E., & Erdogan, A. (2016). Is emotion recognition the only problem in ADHD? Effects of pharmacotherapy on face and emotion recognition in children with ADHD. *ADHD Attention Deficit and Hyperactivity Disorders*, *8*(4), 197–204. https://doi.org/10.1007/s12402-016-0201-x

Demirci, E., Ozmen, S., Kilic, E., & Oztop, D. B. (2016). The relationship between aggression, empathy skills and serum oxytocin levels in male children and adolescents with attention deficit and hyperactivity disorder. *Behavioural Pharmacology*, *27*(8), 681–688. https://doi.org/10.1097/FBP.0000000000000234

Derntl, B., Finkelmeyer, A., Eickhoff, S., Kellermann, T., Falkenberg, D. I., Schneider, F., & Habel, U. (2010). Multidimensional assessment of empathic abilities: Neural correlates and gender differences. *Psychoneuroendocrinology*, *35*(1), 67–82. https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2009.10.006.

Driver, J., Davis, G., Ricciardelli, P., Kidd, P., Maxwell, E., & Baron-Cohen, S. (1999). Gaze Perception Triggers Reflexive Visuospatial Orienting. *Visual Cognition*, *6*(5), 509–540. https://doi.org/10.1080/135062899394920

Fair, D. A., Bathula, D., Nikolas, M. A., & Nigg, J. T. (2012). Distinct neuropsychological subgroups in typically developing youth inform heterogeneity in children with ADHD. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *109*(17), 6769–6774. https://doi.org/10.1073/pnas.1115365109

Farroni, T., Massaccesi, S., Pividori, D., & Johnson, M. H. (2004). Gaze following in newborns. *Infancy*, *5*(1), 39–60. https://doi.org/10.1207/s15327078in0501_2

Fischer, M. H., & Szymkowiak, A. (2004). Joint attention for pointing but not grasping postures. *Cortex: A Journal Devoted to the Study of the Nervous System and Behavior*, *40*(1), 168–170. https://doi.org/10.1016/S0010-9452(08)70937-7

Friesen, C. K., & Kingstone, A. (1998). The eyes have it! Reflexive orienting is triggered by nonpredictive gaze. *Psychonomic Bulletin & Review*, *5*(3), 490–495. https://doi.org/10.3758/BF03208827

Frischen, A., Bayliss, A. P., & Tipper, S. P. (2007). Gaze Cueing of Attention. *Psychological Bulletin*, *133*(4), 694–724. https://doi.org/10.1037/0033-2909.133.4.694

Galfano, G., Dalmaso, M., Marzoli, D., Pavan, G., Coricelli, C., & Castelli, L. (2012). Eye gaze cannot be ignored (but neither can arrows). *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *65*(10), 1895–1910. https://doi.org/10.1080/17470218.2012.663765

Gioia, G. A., Isquith, P. K., Guy, S. C., & Kenworthy, L. (2000). *Behavior rating inventory of executive function: BRIEF*. Psychological Assessment Resources.

Goldberg, M. C., Mostow, A. J., Vecera, S. P., Larson, J. C. G., Mostofsky, S. H., Mahone, E. M., & Denckla, M. B. (2008). Evidence for Impairments in Using Static Line Drawings of Eye Gaze Cues to Orient Visual-Spatial Attention in Children with High Functioning Autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *38*(8), 1405–1413. https://doi.org/10.1007/s10803-007-0506-x

Greene, R. W., Biederman, J., Faraone, S. V., Sienna, M., & Garcia-Jetton, J. (1997). Adolescent outcome of boys with attention-deficit/hyperactivity disorder and social disability: Results from a 4-year longitudinal follow-up study. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, *65*(5), 758–767. https://doi.org/10.1037/0022-006X.65.5.758

Gregory, N. J., Hermens, F., Facey, R., & Hodgson, T. L. (2016). The developmental trajectory of attentional orienting to socio-biological cues. *Experimental Brain Research*, *234*(6), 1351–1362. https://doi.org/10.1007/s00221-016-4627-3

Haza, B., Gosling, C. J., Ciminaghi, F., Conty, L., & Pinabiaux, C. (2023). *Social Cognition and Everyday Social Skills in Children and Adolescents with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: A Meta-Analysis of Case-Control Studies* [manuscript submitted for publication]. Department of Psychology, Paris Nanterre University.

Haza, B., Mersali, J., Pinabiaux, C., & Conty, L. (2023). *A new tool for evaluating the ability to follow social cues in neuropsychological disorders: Normative data for children 6 to 10 years old* [manuscript in preparation]. Department of Psychology, Paris Nanterre University.

Hoza, B. (2007). Peer Functioning in Children With ADHD. *Journal of Pediatric Psychology*, *32*(6), 655–663. https://doi.org/10.1093/jpepsy/jsm024

Huang-Pollock, C. L., & Nigg, J. T. (2003). Searching for the attention deficit in attention deficit hyperactivity disorder: The case of visuospatial orienting. *Clinical Psychology Review*, *23*(6), 801–830. https://doi.org/10.1016/S0272-7358(03)00073-4

Korkman, M., Kirk, U., & Kemps, S. (2012). NEPSY-II : Bilan neuropsychologique chez l'enfant (2e éd.). Pearson.

Kramer, A. F., Gonzalez de Sather, J., & Cassavaugh, N. D. (2005). Development of attentional and oculomotor control. *Developmental Psychology*, *41*(5), 760–772. https://doi.org/10.1037/0012-1649.41.5.760

Kuhn, G., Tewson, L., Morpurgo, L., Freebody, S. F., Musil, A. S., & Leekam, S. R. (2011). Developmental Changes in the Control of Saccadic Eye Movements in Response to Directional Eye Gaze and Arrows. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *64*(10), 1919–1929. https://doi.org/10.1080/17470218.2011.592592

Langton, S. R. H. (2000). The mutual influence of gaze and head orientation in the analysis of social attention direction. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, *53*(3), 825–845. https://doi.org/10.1080/713755908

Langton, S. R. H., & Bruce, V. (2000). You must see the point: Automatic processing of cues to the direction of social attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *26*(2), 747–757. https://doi.org/10.1037/0096-1523.26.2.747

Langton, S. R. H., Watt, R. J., & Bruce, V. (2000). Do the eyes have it? Cues to the direction of social attention. *Trends in Cognitive Sciences*, *4*(2), 50–59. https://doi.org/10.1016/S1364-6613(99)01436-9

Lu, Z., & van Zoest, W. (2023). Combining social cues in attention: Looking at gaze, head, and pointing cues. *Attention, Perception & Psychophysics*, *85*(4), 1021–1033. https://doi.org/10.3758/s13414-023-02669-6

Manly, T., Robertson, I. H., Anderson, V., & Nimmo-Smith, I. (2006). *TEA-CH - Test d'Évaluation de l'Attention chez l'enfant.* Pearson.

Maoz, H., Gvirts, H. Z., Sheffer, M., & Bloch, Y. (2019). Theory of Mind and Empathy in Children With ADHD. *Psychiatry Investigation*, *23*(11), 1331–1338. https://doi.org/10.1177/1087054717710766

Marotta, A., Casagrande, M., Rosa, C., Maccari, L., Berloco, B., & Pasini, A. (2014). Impaired reflexive orienting to social cues in attention deficit hyperactivity disorder. *European*

Child & Adolescent Psychiatry, *23*(8), 649–657. https://doi.org/10.1007/s00787-013-0505-8

Marotta, A., Pasini, A., Menotti, E., Pasquini, A., Pitzianti, M. B., & Casagrande, M. (2017). Controlling attention to gaze and arrows in attention deficit hyperactivity disorder. *Psychiatry Research*, *251*, 148–154. https://doi.org/10.1016/j.psychres.2017.01.094

Marotta, A., Pasini, A., Ruggiero, S., Maccari, L., Rosa, C., Lupiáñez, J., & Casagrande, M. (2013). Inhibition of Return in Response to Eye Gaze and Peripheral Cues in Young People with Asperger's Syndrome. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *43*(4), 917–923. https://doi.org/10.1007/s10803-012-1636-3

Mary, A., Slama, H., Mousty, P., Massat, I., Capiau, T., Drabs, V., & Peigneux, P. (2016). Executive and attentional contributions to Theory of Mind deficit in attention deficit/hyperactivity disorder (ADHD). *Child Neuropsychology*, *22*(3), 345–365. https://doi.org/10.1080/09297049.2015.1012491

McQuade, J. D., & Hoza, B. (2008). Peer problems in Attention Deficit Hyperactivity Disorder: Current status and future directions. *Developmental Disabilities Research Reviews*, *14*(4), 320–324. https://doi.org/10.1002/ddrr.35

Mrug, S., Molina, B. S. G., Hoza, B., Gerdes, A. C., Hinshaw, S. P., Hechtman, L., & Arnold, L. E. (2012). Peer Rejection and Friendships in Children with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: Contributions to Long-Term Outcomes. *Journal of Abnormal Child Psychology*, *40*(6), 1013–1026. https://doi.org/10.1007/s10802-012-9610-2

Muszkat, M., de Mello, C. B., Muñoz, P. de O. L., Lucci, T. K., David, V. F., Siqueira, J. de O., & Otta, E. (2015). Face Scanning in Autism Spectrum Disorder and Attention Deficit/Hyperactivity Disorder: Human Versus Dog Face Scanning. *Frontiers in Psychiatry*, *6*. https://doi.org/10.3389/fpsyt.2015.00150

Neath, K., Nilsen, E. S., Gittsovich, K., & Itier, R. J. (2013). Attention orienting by gaze and facial expressions across development. *Emotion*, *13*(3), 397–408. https://doi.org/10.1037/a0030463

Nijmeijer, J. S., Minderaa, R. B., Buitelaar, J. K., Mulligan, A., Hartman, C. A., & Hoekstra, P. J. (2008). Attention-deficit/hyperactivity disorder and social dysfunctioning. *Clinical Psychology Review*, *28*(4), 692–708. https://doi.org/10.1016/j.cpr.2007.10.003

Nixon, E. (2001). The Social Competence of Children with Attention Deficit Hyperactivity Disorder: A Review of the Literature. *Child Psychology and Psychiatry Review*, *6*(4), 172–180. https://doi.org/10.1111/1475-3588.00342

Osterrieth, P. (1944). Le test de copie d'une figure complexe. *Archives de Psychologie*, *30*, 206–356.

Özbaran, B., Kalyoncu, T., & Köse, S. (2018). Theory of mind and emotion regulation difficulties in children with ADHD. *Psychiatry Research*, *270*, 117–122. https://doi.org/10.1016/j.psychres.2018.09.034

Parke, E. M., Becker, M. L., Graves, S. J., Baily, A. R., Paul, M. G., Freeman, A. J., & Allen, D. N. (2021). Social Cognition in Children With ADHD. *Journal of Attention Disorders*, *25*(4), 519–529. https://doi.org/10.1177/1087054718816157

Pelc, K., Kornreich, C., Foisy, M.-L., & Dan, B. (2006). Recognition of Emotional Facial Expressions in Attention-Deficit Hyperactivity Disorder. *Pediatric Neurology*, *35*(2), 93–97. https://doi.org/10.1016/j.pediatrneurol.2006.01.014

Polanczyk, G., de Lima, M. S., Horta, B. L., Biederman, J., & Rohde, L. A. (2007). The Worldwide Prevalence of ADHD: A Systematic Review and Metaregression Analysis. *American Journal of Psychiatry*, *164*(6), 942–948. https://doi.org/10.1176/ajp.2007.164.6.942

Posner, M. I. (1980). Orienting of Attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *32*(1), 3–25. https://doi.org/10.1080/00335558008248231

Rey, A. (1941). L'examen psychologique dans les cas d'encéphalopathie traumatique. *Archives de Psychologie*, *28*, 286–340.

Ros, R., & Graziano, P. (2017). Social Functioning in Children With or At Risk for Attention Deficit/Hyperactivity Disorder: A Meta-Analytic Review. *Journal of Clinical Child & Adolescent Psychology*, *47*(2), 1–23. https://doi.org/10.1080/15374416.2016.1266644

Şahin, B., Karabekiroğlu, K., Bozkurt, A., Usta, M. B., Aydın, M., & Çobanoğlu, C. (2018). The Relationship of Clinical Symptoms with Social Cognition in Children Diagnosed with Attention Deficit Hyperactivity Disorder, Specific Learning Disorder or Autism Spectrum Disorder. *Psychiatry Investigation*, *15*(12), 1144–1153. https://doi.org/10.30773/pi.2018.10.01

Sainsbury, W. J., Carrasco, K., Whitehouse, A. J. O., & Waddington, H. (2023). Parent-reported Early Atypical Development and Age of Diagnosis for Children with Co-occurring Autism and ADHD. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *53*(6), 2173–2184. https://doi.org/10.1007/s10803-022-05488-0

Sato, W., Kochiyama, T., Uono, S., & Yoshikawa, S. (2010). Automatic Attentional Shifts by Gaze, Gestures, and Symbols. *Psychologia*, *53*(1), 27–35. https://doi.org/10.2117/psysoc.2010.27

Sjöwall, D., Roth, L., Lindqvist, S., & Thorell, L. B. (2013). Multiple deficits in ADHD: Executive dysfunction, delay aversion, reaction time variability, and emotional deficits. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *54*(6), 619–627. https://doi.org/10.1111/jcpp.12006

Sjöwall, D., & Thorell, L. B. (2019). A critical appraisal of the role of neuropsychological deficits in preschool ADHD. *Child Neuropsychology*, *25*(1), 60–80. https://doi.org/10.1080/09297049.2018.1447096

Suzuki, A., Hoshino, T., & Shigemasu, K. (2006). Measuring individual differences in sensitivities to basic emotions in faces. *Cognition*, *99*(3), 327–353. https://doi.org/10.1016/j.cognition.2005.04.003

Temeltürk, R. D., Aydın, Ö., Üstün Güllü, B., & Kılıç, B. G. (2023). Dynamic eye-tracking evaluation of responding joint attention abilities and face scanning patterns in children with attention deficit hyperactivity disorder. *Development and Psychopathology*, 1–12. https://doi.org/10.1017/S095457942300041X

Tipples, J. (2002). Eye gaze is not unique: Automatic orienting in response to uninformative arrows. *Psychonomic Bulletin & Review*, *9*(2), 314–318. https://doi.org/10.3758/BF03196287

Tipples, J. (2008). Orienting to counterpredictive gaze and arrow cues. *Perception & Psychophysics*, *70*(1), 77–87. https://doi.org/10.3758/PP.70.1.77

Ulloa, J. L., Dubal, S., Yahia-Cherif, L., & George, N. (2018). Gaze perception induces early attention orienting effects in occipito-parietal regions. *Neuropsychologia*, *109*, 173–180. https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2017.12.029

Ulloa, J. L., Marchetti, C., Taffou, M., & George, N. (2015). Only your eyes tell me what you like: Exploring the liking effect induced by other's gaze. *Cognition and Emotion*, *29*(3), 460–470. https://doi.org/10.1080/02699931.2014.919899

Wechsler, D. (2014). *Wechsler Intelligence Scale for Children* (5th ed.). The Psychological Corporation.

Willcutt, E. G., Doyle, A. E., Nigg, J. T., Faraone, S. V., & Pennington, B. F. (2005). Validity of the executive function theory of attention-deficit/hyperactivity disorder: A meta-analytic review. *Biological Psychiatry*, *57*(11), 1336–1346. https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2005.02.006

Williams, L. M., Hermens, D. F., Palmer, D., Kohn, M., Clarke, S., Keage, H., Clark, C. R., & Gordon, E. (2008). Misinterpreting Emotional Expressions in Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: Evidence for a Neural Marker and Stimulant Effects. *Biological Psychiatry*, *63*(10), 917–926. https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2007.11.022

Discussion générale

Résumé des résultats

Cette thèse avait deux objectifs principaux. Le premier était de réaliser un état des lieux des difficultés de cognition sociale (i.e., théorie de l'esprit, empathie, reconnaissance des émotions faciales et non faciales) et des compétences sociales au quotidien des enfants et adolescents atteints d'un TDAH, en réalisant un examen systématique et une méta-analyse (étude 1). Le deuxième objectif était de développer un outil d'évaluation (TooN) d'une aptitude basique de la cognition sociale : le comportement de suivi des indices sociaux. Pour cela, nous avons étalonné l'outil et testé sa fidélité chez des enfants au développement typique (étude 2), puis nous avons débuté la validation de l'outil auprès d'enfants TDAH (étude 3).

La première étude présente les résultats d'une méta-analyse de 142 études, incluant 652 tailles d'effet évaluant les différences entre les enfants et les adolescents atteints d'un TDAH (n = 7983) et au développement typique (n = 8300) dans la cognition sociale et les compétences sociales quotidiennes. Les résultats suggèrent que les enfants atteints d'un TDAH présentent des difficultés modérées à très importantes dans la théorie de l'esprit, la reconnaissance des émotions faciales et les compétences sociales quotidiennes. Ces résultats étaient similaires lorsque l'on considérait les tailles d'effet ajustées et non ajustées et que l'on excluait les études de faible qualité méthodologique, confirmant la robustesse des déficits. Des compétences plus faibles en empathie et reconnaissance des émotions non faciales entre les enfants atteints de TDAH et les enfants au développement typique ont également été observées, mais ces effets montraient une variabilité importante et n'étaient pas statistiquement significatifs.

La deuxième étude a permis d'étalonner un outil d'évaluation du suivi des indices sociaux auprès d'un groupe de 339 enfants au développement typique âgés de 6 à 10 ans. Avec ces données, nous avons montré des effets robustes d'indiçage par le regard et le pointage dans chaque groupe d'âge. De plus, les filles ont montré un plus grand effet d'indiçage par le regard que les garçons et les effets d'indiçage diminuaient avec l'âge. Comme les performances différaient en fonction de l'âge et du sexe, les données normatives ont été calculées en considérant ces deux variables. De plus, nous avons montré que les enfants avaient des effets d'indiçage plus importants dans la condition Pointage (i.e., cumul du regard, de l'orientation de la tête et du pointage) que dans la condition Regard (i.e., regard seul). Enfin, les analyses de

fidélité test-retest menées sur un groupe supplémentaire ont montré que les temps de réaction des enfants dans chaque condition étaient stables dans le temps.

La troisième étude a montré que les enfants atteints d'un TDAH réalisaient plus d'erreurs et avaient tendance à être plus lents pour détecter les cibles que les enfants au développement typique. De plus, tous les enfants présentaient un effet d'indiçage dans la condition pointage. Cependant, les enfants au développement typique présentaient un effet d'indiçage dans la condition regard que les enfants atteints de TDAH ne présentaient pas. Les analyses individuelles conduites chez les enfants atteints d'un TDAH ont permis d'identifier que quatre sur onze rencontraient des difficultés à suivre le regard, alors que tous étaient capables de suivre le pointage. De plus, quatre sur onze avaient d'autres performances (pourcentages de réponse correctes, temps de réaction, omissions ou fausses alarmes) qui déviaient de la norme.

Dans cette dernière partie, nous discutons les résultats de ces trois études en articulant notre réflexion autour de trois axes centraux. Le premier concerne la question du traitement des indices sociaux dans le TDAH, et son lien avec les compétences sociales de plus haut niveau. Le second axe concerne les difficultés à objectiver les déficits sociaux des enfants atteints d'un TDAH et à développer des outils de cognition sociale. Enfin, le dernier axe aborde les perspectives cliniques et de recherche futures de notre travail.

Le suivi des indices sociaux dans le TDAH

1. Le suivi du regard : un mécanisme atteint dans le TDAH

Dans le cadre de cette thèse, nous avons développé un outil clinique qui évalue la capacité à suivre des indices sociaux. En utilisant cet outil, dans notre troisième étude, nous avons montré des effets d'indiçage robustes dans la condition regard chez les enfants au développement typique, contrairement aux enfants atteints d'un TDAH. Ce résultat met en évidence une difficulté de traitement du regard dans le TDAH qui a été précédemment rapportée dans la littérature (Airdrie et al., 2018 ; Marotta et al., 2014, 2017 ; Temeltürk et al., 2023). Par exemple, en utilisant un paradigme de type Posner, Marotta et al. (2014) ont rapporté des effets d'indiçage lorsque les enfants atteints d'un TDAH étaient exposés à des indices non sociaux (i.e., flèche et carré en surbrillance), mais pas lorsqu'ils étaient exposés à un visage schématique déviant le regard. Nous avons confirmé ces résultats mais en utilisant un matériel plus écologique. Des analyses individuelles nous ont permis d'identifier quatre enfants atteints de TDAH dans notre échantillon (soit ~36 %) qui, à la différence du reste, n'ont pas répondu au regard. Ce résultat montre que, même si les enfants atteints de TDAH rencontrent, en moyenne, une certaine difficulté à suivre le regard, ils ne rencontrent pas tous cette difficulté. Ainsi, TooN serait un outil sensible permettant d'identifier des enfants qui rencontrent cette difficulté, pouvant indiquer des niveaux plus élevés de problèmes sociaux, qui sont présents chez 22 % des enfants atteints de TDAH (Greene et al., 1997).

Dans notre première étude, la méta-analyse a montré que les enfants et les adolescents atteints d'un TDAH rencontrent des difficultés dans différents domaines sociaux. Nos résultats ont en particulier mis en évidence que la théorie de l'esprit et la reconnaissance des émotions faciales sont altérées chez ces enfants. La reconnaissance des émotions non faciales ne présente pas d'altération robuste, suggérant une difficulté à identifier les émotions spécifiques aux expressions faciales. Les enfants atteints d'un TDAH rencontreraient donc une difficulté générale à traiter les visages, au-delà même du regard. Cela peut être lié aux déficits de balayage visuel du visage souvent observés chez ces enfants (Airdrie et al., 2018 ; Muszkat et al., 2015). L'ensemble de ces observations étaye le postulat défendu par de nombreux auteurs selon lequel le regard est un indice social qui communique de nombreuses informations sur autrui (Emery, 2000) et qu'une altération du traitement du regard, serait à l'origine non seulement d'une

difficulté à identifier des émotions, mais également à attribuer des états mentaux comme des croyances et intentions (Baron-Cohen, 1994). Ce postulat est toutefois encore sous-tendu par peu de preuves empiriques. Il serait très intéressant de déterminer à l'avenir si les difficultés à traiter le regard sont effectivement à l'origine des difficultés de cognition sociale et des compétences sociales quotidiennes rencontrées par les enfants atteints d'un TDAH. Pour cela, nous testeront un plus grand nombre d'enfants atteints d'un TDAH sur TooN et nous étudieront la corrélation entre le suivi des indices sociaux et les compétences sociales de plus haut niveau (e.g., théorie de l'esprit, problèmes relationnels). Une étude longitudinale pourra également être envisagée pour étudier la corrélation entre le suivi du regard dans les premières années de vie (e.g., en utilisant des méthodes d'oculométrie) et les difficultés de cognition sociale plus tardives (e.g., théorie de l'esprit). Des études longitudinales similaires ont déjà été conduites chez les enfants atteints d'un TSA (e.g., Jones & Klin, 2013).

Dans notre deuxième étude, nous avons testé le lien préalablement évoqué, mais chez des enfants au développement typique, afin de vérifier l'hypothèse selon laquelle le traitement du regard permet de prédire les compétences de plus haut niveau. Nous avons analysé le lien entre les effets d'indiçage mesurés avec TooN et les performances aux questionnaires SDQ (*Self-Report Strengths and Difficulties Questionnaire* ; Capron et al., 2007 ; Goodman et al., 1998, 2003 ; évaluant les compétences sociales quotidiennes) et au RMET (*Reading the Mind in the Eyes Test*, Baron-Cohen et al., 2001 ; évaluant la théorie de l'esprit)[48]. L'observation d'un tel lien devait permettre, d'une part, de montrer la relation entre le suivi des indices sociaux et les compétences de haut niveau, et d'autre part, de valider notre outil en montrant sa pertinence pour identifier des difficultés sociales chez les enfants atteints d'un TDAH. Néanmoins, les analyses n'ont pas été concluantes, ce qui pourrait s'expliquer par le manque de validité des tests utilisés et l'absence de consensus en ce qui concerne les processus cognitifs impliqués. Au cours du développement de TooN, il risque de rester difficile de confirmer ou d'infirmer l'hypothèse selon laquelle cette mesure permet d'identifier des difficultés sociales de plus haut niveau, en raison de diverses problématiques liées à l'étude de la cognition sociale. Ces dernières seront le sujet de notre second axe de discussion (cf. Limites dans l'étude de la cognition sociale et du TDAH).

[48] Pour rappel, nous avons utilisé les échelles de comportement prosocial et de problèmes relationnels de la version française du *Self-Report Strengths and Difficulties Questionnaire* (Capron et al., 2007 ; Goodman et al., 1998, 2003) chez les enfants au développement typique participant à l'étalonnage de TooN. De plus, nous avons utilisé la version française du *Reading the Mind in the Eyes Test* (Baron-Cohen et al., 2001) chez les enfants au développement typique participant à la fidélité test-retest de TooN.

2. Qu'en est-il du suivi du pointage ?

Dans notre troisième étude, nous avons montré des effets d'indiçage robustes tant chez les enfants au développement typique que chez les enfants souffrant de TDAH. Ce résultat est en accord avec l'étude de Dalmaso et al. (2013) chez les patients atteints de schizophrénie. Ces patients, qui rencontrent souvent des difficultés de cognition sociale, présentaient des effets d'indiçage préservés lorsqu'ils étaient exposés au pointage, mais pas lorsqu'ils étaient exposés au regard. Il est probable que les participants aient davantage de mal à ignorer le pointage que le regard parce que, au-delà de son aspect social, il est visuellement très évident (Butterworth & Itakura, 2000 ; Triesch et al., 2006). En effet, les résultats de notre deuxième étude montrent que le pointage naturel accentue les effets d'indiçage par rapport au regard, ce qui est en accord avec ce que des résultats précédents ont montré au travers de la manipulation des mains isolées du reste du corps (Gregory et al., 2016). Dans notre étude, nous n'avons pas présenté un tel pointage de la main isolé car nous estimions nécessaire de manipuler une condition écologique[49]. Il est ainsi probable que la présentation cumulée des indices sociaux dans notre condition de pointage ait contribué à l'accentuation des effets d'indiçage (Langton et al., 2000), comme le suggère la plus grande activation des cellules situées dans le STS[50] qui a été observée lorsque plusieurs indices sociaux sont orientés dans la même direction (Perrett et al., 1992). Ces résultats sont importants dans une perspective thérapeutique. Comme le pointage naturel provoque un effet d'indiçage plus important que le regard, la comparaison des conditions de regard et de pointage peuvent aider à identifier le niveau de difficulté de l'enfant. En effet, l'absence d'effet d'indiçage par le pointage pourrait refléter une difficulté plus importante que la seule absence d'effet d'indiçage par le regard.

Les analyses individuelles ont montré que les onze enfants souffrant de TDAH étaient capables de répondre au pointage, même si deux étaient de faibles répondeurs. Puisque TooN a été développé pour identifier des difficultés de suivi des indices sociaux, nous pouvons nous questionner sur la pertinence d'utiliser la condition pointage. Néanmoins, notre étude incluait un petit échantillon d'enfants atteints d'un TDAH qui n'était probablement pas très représentatif de la population générale. En effet, les enfants inclus avaient consulté un neuropsychologue

[49] Rappelons que la présentation cumulée du regard, du pointage et de l'orientation de la tête correspond à un pointage naturel puisque, dans la vie de tous les jours, il est rare qu'une personne pointe du doigt sans regarder et orienter la tête dans la même direction.

[50] Pour rappel, sulcus temporal supérieur.

pour un bilan et/ou un suivi en cabinet libéral, ce qui restreint certainement notre échantillon à un niveau socio-économique élevé. De plus, une partie importante de notre échantillon était engagée dans une rééducation pendant des mois, voire des années. Il est donc possible que ces enfants soient plus habitués à la situation de test que les enfants au développement typique. À cet égard, la condition pointage pourrait être moins sensible parce que les enfants de notre échantillon rencontrent des difficultés plus subtiles. Ainsi, TooN sera testé chez un groupe d'enfants TDAH plus important et plus représentatif afin de déterminer si la condition pointage est sensible et permet d'identifier des difficultés chez ces enfants.

3. La question de la condition contrôle

Les travaux qui ont montré des difficultés à prêter attention et à répondre au regard d'autrui dans le TDAH ont utilisé une condition regard (i.e., un visage dirigeant le regard vers la cible ou vers le côté opposé) et l'ont comparé à une condition contrôle dans laquelle l'indice utilisé n'est pas de nature sociale (e.g., une flèche indiquant le côté d'apparition de la cible ; Marotta et al., 2014). L'utilisation d'une condition contrôle permet de déterminer si la difficulté attentionnelle est purement sociale ou bien si l'enfant rencontre une difficulté d'attention générale. Au début du projet, TooN comportait une condition regard et une condition flèche. La nécessité de développer un test court, basé sur un nombre restreint d'essais, a conduit l'équipe de recherche du projet à se concentrer uniquement sur les indices de nature sociale. Nous avons privilégié la condition pointage à la condition flèche parce que la condition pointage permettrait de tester un indice social plus proéminant que le regard et donc d'évaluer, en quelque sorte, deux niveaux de difficulté.

L'absence de condition contrôle ne nous permet toutefois pas de conclure à un déficit d'une nature exclusivement sociale. Pourtant, sur le plan de la recherche, la question de savoir si la cognition *sociale* peut être atteinte de façon *spécifique* est très intéressante (cf. section 2.4. La spécificité des troubles). Dans notre cas, si nous avions ajouté une condition contrôle et montré que les enfants atteints d'un TDAH rencontrent une difficulté à suivre un regard, mais pas une flèche, nous aurions pu mettre en évidence qu'ils présentent des déficits d'attention conjointe, et non pas une difficulté générale d'orientation spatiale. Ce résultat aurait été un argument en faveur de l'existence, dans le TDAH, d'un trouble spécifique de la cognition sociale, qui ne serait donc pas uniquement le résultat des symptômes attentionnels et exécutifs rencontrés par ces enfants.

Il convient néanmoins de noter que des études ont déjà montré que les enfants atteints d'un TDAH rencontrent, en moyenne, des difficultés à porter attention et répondre au regard, alors que l'orientation de l'attention en réponse à des indices non sociaux (i.e., flèche et carré en surbrillance) serait préservée (Huang-Pollock & Nigg, 2003 ; Marotta et al., 2014, 2017). Par ailleurs, d'un point de vue pragmatique, la question de la spécificité du trouble peut paraître moins importante puisque, notre objectif est d'évaluer le suivi des indices sociaux de façon écologique et, dans la vie de tous les jours, les processus sociaux et non sociaux sont en interaction constante et les uns sont peu efficients sans les autres (Quesque & Bertoux, 2022). En effet, même si le déficit n'est pas purement social, il pourrait être à l'origine de problèmes sociaux au quotidien qu'il faudra tout de même prendre en charge. Le neuropsychologue aura à sa disposition une batterie de tests mesurant différentes fonctions (i.e. attention, fonctions exécutives, fonctionnement social). Il pourra, grâce à l'interprétation clinique et la confrontation de toutes les informations qu'il a à sa disposition (i.e., tests, questionnaires, entretien, observation), identifier si l'enfant rencontre une difficulté sociale, ou bien si les difficultés observées sont le résultat d'un déficit attentionnel et/ou exécutif.

Limites dans l'étude de la cognition sociale et du TDAH

1. La question du TDAH

Comme évoqué dans la partie théorique (cf. Chapitre 1 - Le trouble du déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDAH)), le diagnostic de TDAH est difficile pour plusieurs raisons. Tout d'abord, le TDAH est un trouble complexe, qui se manifeste par une hétérogénéité symptomatologique intra- et inter-individuelle importante. En effet, le TDAH se caractérise, d'une part, par une variabilité de déficits cognitifs qui peuvent être similaires à ceux qui sont observés dans d'autres pathologies (e.g., TSA) et, d'autre part, par la présence de comorbidités (e.g., troubles des conduites). De plus, les symptômes centraux du TDAH, en particulier ceux relatifs à l'inattention, ne sont pas toujours faciles à détecter, puisqu'on constate également leur présence chez les enfants tout-venants sans atteindre le stade pathologique. En outre, en pratique clinique, comme en recherche, il n'existe pas de consensus en ce qui concerne les procédures et outils à utiliser pour diagnostiquer le TDAH. Le « gold standard » serait de réaliser un entretien avec les parents et l'enfant, puis un questionnaire à remplir par les enseignants et les parents (e.g., Conners, 2008 ; *Child Behavior Checklist* [CBCL], Achenbach, 1991), qui s'appuieraient sur les critères internationaux (e.g., DSM).

Les études utilisant des outils comme le K-SADS-PL (*Kiddie-Sads-Present and Lifetime Version* ; Kaufman et al., 1997)[51] sont probablement celles qui permettent le mieux d'identifier les enfants atteints de TDAH. Dans notre troisième étude, nous n'avons pas utilisé un tel outil, mais nous avons demandé aux neuropsychologues de nous confirmer le diagnostic après avoir réalisé un bilan neuropsychologique complet (i.e., entretien avec les parents, passation de tests et questionnaires, observation). Il est essentiel de mentionner que de nombreuses études n'utilisent pas d'outils ou de procédures pour confirmer le diagnostic. En ce qui concerne notre méta-analyse, même si nous avons exclu toutes les études qui ont recruté des enfants sans diagnostic formel, il subsiste parmi les études sélectionnées une très grande variété de méthodes

[51] Le K-SADS-PL (*Kiddie-Sads-Present and Lifetime Version* ; Kaufman et al., 1997) est un entretien diagnostique semi-structuré pour évaluer les troubles mentaux chez l'enfant et l'adolescent, qui comporte une évaluation des symptômes, afin de poser un ou plusieurs diagnostics en accord avec les critères DSM-5.

de diagnostic de TDAH. Il est donc probable que de nombreux enfants inclus dans les études ne présentent pas un véritable TDAH, ce qui pourrait biaiser les résultats.

Inversement, il est également fort probable que, dans les groupes d'enfants au développement typique, des enfants aient un TDAH non diagnostiqué. Dans notre deuxième étude, visant à étalonner TooN chez des enfants au développement typique, nous avons vérifié que les participants n'avaient pas d'antécédents de lésions cérébrales ou d'autres troubles neurologiques ou psychiatriques, mais nous n'avons pas évalué formellement l'absence de pathologies auprès de chaque enfant (e.g., en utilisant le K-SADS-PL). Une telle vérification était pragmatiquement impossible à mettre en œuvre, mais cela ne nous semble pas constituer une limite importante dans notre travail, compte tenu du nombre d'enfants inclus. Par ailleurs, tester un groupe d'enfants « parfaits » peut s'avérer contre-productif dans la mesure où cela peut conduire à un surdiagnostic des troubles cognitifs.

Ainsi, les recherches dans le domaine du TDAH présentent des résultats souvent très divergents, pouvant en partie être expliqués par l'absence de consensus dans la définition du TDAH et des procédures et outils pour le diagnostiquer. En accord avec ce constat, comme évoqué dans la partie théorique (cf. Chapitre 1, section 1. Prévalence du trouble), les études d'épidémiologie ont montré que l'utilisation de procédures et d'outils différents pouvait conduire à la variabilité des estimations de la prévalence du trouble (Polanczyk et al., 2007 ; Willcutt, 2012). Nous pouvons conclure que davantage de recherches sont nécessaires afin de bien définir le TDAH et les outils et procédures permettant son diagnostic.

2. La question de la cognition sociale

Dans les 20 dernières années, la cognition sociale a fait l'objet d'un intérêt croissant dans la recherche en neuropsychologie. Cependant, à ce jour, il n'existe pas de définition consensuelle de la cognition sociale, et le nombre de composantes qui la constituent et leur relation ne sont pas toujours clairement explicités (Happé et al., 2017 ; cf. Partie théorique, Chapitre 2, section 1.2. Structure de la cognition sociale). Pour cette raison, les tests développés manquent souvent de validité et les cliniciens rencontrent des difficultés à évaluer ce construit auprès de leurs patients (Quesque & Bertoux, 2022). Dans cette section, nous allons discuter des répercussions que ces limites structurelles, conceptuelles et pratiques entraînent dans le cadre de la réalisation d'une méta-analyse et du développement d'un outil de cognition sociale.

2.1. La catégorisation des construits

Dans notre première étude, nous avons conduit une méta-analyse afin de déterminer si la théorie de l'esprit, l'empathie, la reconnaissance des émotions faciales et non faciales et les compétences sociales quotidiennes étaient préservées dans le TDAH. Pour cela, nous avons dû catégoriser les différentes tâches existantes dans la littérature, en nous appuyant sur des définitions aussi précises que possible de chacune des composantes sociales[52]. Cette étape s'est avérée particulièrement complexe. En effet, l'absence de consensus réel concernant les différentes composantes et leurs relations conduit à une grande difficulté à catégoriser certaines tâches. Par exemple, dans le ERT (*Empathy Response Task* ; Ricard & Kamberk-Kilicci, 1995), des histoires sont présentées et le participant doit, dans un premier temps, dire comment un personnage de l'histoire se sent, ce qui implique d'attribuer des émotions à autrui (i.e., théorie de l'esprit affective). Dans un second temps, il doit dire comment il se sent lui-même par rapport à l'émotion du personnage, ce qui implique une expérience de partage émotionnel (i.e., empathie affective). Sachant que nous avant distingué, dans notre méta-analyse, l'empathie (i.e., composante affective) de la théorie de l'esprit (i.e., composantes affective et cognitive), et que le ERT évalue dans un premier temps une composante et dans un deuxième temps l'autre, comment aurions-nous dû catégoriser ce test ?

Nous l'avons considéré comme une tâche d'empathie, parce que de nombreux chercheurs affirment qu'elle évalue cette fonction, et parce qu'elle se distingue des tâches de théorie de l'esprit dans l'expérience de partage de l'émotion de l'autre. D'autres catégorisations auraient pu être choisies, ce qui aurait pu influencer les résultats, mais auraient également entraîné des problèmes similaires pour d'autres test. Par exemple, le projet RdoC[53] propose une catégorisation des processus sociaux en quatre domaines et considère l'empathie et la théorie de l'esprit comme un construit global appelé « Compréhension des états mentaux » (en anglais, « Understanding Mental States »). Après réflexion, nous avons décidé de scinder ce construit, parce que certaines études cliniques et de neuroimagerie suggèrent que l'empathie et la théorie de l'esprit sont distinctes, et qu'une fonction peut être altérée alors que l'autre reste intacte (Happé et al., 2017 ; Schurz et al., 2021 ; Singer, 2006). En effet, la littérature suggère que

[52] La catégorisation utilisée dans le cadre de cette étude est partagée en ligne et peut être trouvée sur le lien suivant : https://corentinjgosling.github.io/HAZA_ADHD_SOCIAL_2022/.

[53] Pour rappel, « Research Domain Criteria » du « National Institute of Mental Health ». La catégorisation peut être consultée sur ce lien : https://www.nimh.nih.gov/research/research-funded-by-nimh/rdoc/about-rdoc

l'empathie implique une réponse automatique, spontanée et rapide dans laquelle peu de ressources cognitives sont nécessaires, alors que la théorie de l'esprit est décrite comme une fonction plus complexe demandant de nombreuses ressources attentionnelles et d'efforts cognitifs (Yu & Chou, 2018). Ainsi, chaque catégorisation est un choix et présente des limites qu'il est essentiel d'identifier, notamment dans le cadre du développement et de la validation de tests.

2.2. La validité des tests en pratique clinique

Nous avons développé TooN en suivant une méthodologie basée sur la constitution d'un étalonnage normalisé et la vérification des qualités psychométriques, à savoir la validité, la sensibilité et la fidélité (cf. Encadré n°3, pour une synthèse des caractéristiques psychométriques de TooN). Afin de vérifier la validité d'un test, et en particulier la validité de construit[54], il convient d'évaluer son lien avec d'autres tests déjà validés qui sont censés mesurer le même construit (Colombo et al., 2016). Toutefois, les limites conceptuelles et structurelles préalablement évoquées sont à l'origine d'une absence de consensus sur les processus mesurés par les tests utilisés. De plus, à l'heure actuelle, il existe un manque important d'outils de cognition sociale validés, notamment pour la population pédiatrique. Ceci constitue un réel problème dans la validation de nouveaux tests parce que, pour vérifier leur validité de construit, il est préférable de réaliser des corrélations avec un test qui mesure véritablement le construit en question. Le manque d'outils validés conduit les chercheurs à utiliser des tests pour lesquels nous n'avons aucune preuve de ce qu'ils mesurent, ce qui n'apporte finalement aucune preuve de validation et limite les conclusions. Par conséquent, les neuropsychologues finissent par utiliser, en pratique clinique, des tests avec des faibles caractéristiques psychométriques, parfois même sans en avoir conscience, ce qui peut conduire à des interprétations cliniques erronées, et donc à une prise en charge inappropriée.

À titre d'exemple, dans notre deuxième étude, afin de valider TooN, nous avons utilisé le RMET (*Reading the Mind in the Eyes Test* ; Baron-Cohen et al., 2001) pour examiner le lien entre le suivi des indices sociaux et la théorie de l'esprit. Nous n'avons pas trouvé de preuves de validité car les performances au RMET et à TooN ne corrélaient pas. Toutefois, comme la grande majorité des tests de cognition sociale à destination de la population pédiatrique, le RMET n'est, à notre connaissance, pas validé dans sa version française, ni dans sa version

[54] Rappelons que la validité de construit consiste à rassembler des preuves de ce que le test mesure réellement.

anglophone, ce qui ne permet donc pas d'assurer que ce test mesure bien la théorie de l'esprit. Il n'existe d'ailleurs pas de réel consensus concernant les processus évalués par le RMET, certains auteurs le considérant comme un test de reconnaissance des émotions (e.g., Oakley et al., 2016) et d'autres comme un test de théorie de l'esprit (e.g., Baron-Cohen, Jolliffe, et al., 1997). Si les performances aux deux tests ne corrèlent pas, est-ce que cela veut donc dire que TooN n'évalue pas les aptitudes sociales ou est-ce que c'est le RMET qui est limité en termes de validité ? Par ailleurs, il convient de noter que le RMET évalue une aptitude spécifique de la cognition sociale et, étant donné que la cognition sociale est un concept complexe qui englobe de nombreux processus, il est possible que le suivi d'indices sociaux soit lié à d'autres aspects des aptitudes sociales que celui mesuré par le RMET. En effet, l'intérêt de développer TooN est qu'il évalue une aptitude très spécifique qui n'est, à notre connaissance, pas mise en jeu dans les tests actuellement utilisés. Il n'est donc pas surprenant que notre outil ne corrèle pas avec les autres tests existant à ce jour.

Comme évoqué dans la partie théorique (cf. Chapitre 3, section 3.3.2. Critères psychométriques), dans certains cas, « lorsqu'aucun critère ou univers de contenu n'est accepté comme étant entièrement adéquat pour définir la qualité à mesurer » (Cronbach & Meehl, 1955, p. 176), la validité de construit peut être vérifiée par des experts du domaine en s'appuyant sur des modèles théoriques (Kaplan & Saccuzzo, 2012). Lors du développement de notre outil, nous nous sommes appuyés sur des modèles théoriques et nous avons utilisé une méthodologie expérimentale rigoureuse pour tester nos hypothèses. À l'avenir, nous comptons tout de même continuer à vérifier la validité de construit de notre outil auprès d'un groupe plus important d'enfants atteints d'un TDAH en testant le lien entre TooN et d'autres mesures de cognition sociale. Cependant, en raison de la difficulté à trouver des tests valides de cognition sociale qui pourraient corréler avec TooN, il est probable que nous ne trouvions pas de lien, ce qui n'impliquerait pas nécessairement que notre outil n'a pas de bonnes caractéristiques psychométriques.

Il convient de souligner que nous ne sommes pas les seuls à rencontrer des difficultés à valider des tests et que ce problème n'est pas spécifique au domaine de la cognition sociale. Comme évoqué dans la partie théorique (cf. Chapitre 3, section 3.3.3. Quelles pratiques en neuropsychologie ?), l'un des problèmes majeurs des tests en France concerne leur validation et les modalités de leur normalisation (Roy, 2015 ; Roy et al., 2017). Les travaux de Dieu (2021)

ont permis de conclure qu'environ la moitié des tests les plus utilisés[55] par les neuropsychologues français n'étaient pas validés. En effet, la disponibilité et la commercialisation de certains tests ne garantissent pas qu'ils aient fait l'objet d'un étalonnage et d'une validation en France. Par exemple, la NEPSY-II est l'une des batteries de tests les plus utilisées en pratique clinique pour évaluer le fonctionnement cognitif global chez l'enfant. Pourtant, les normes de cette batterie sont principalement basées sur des données américaines. Pour une grande partie des subtests, une comparaison a été réalisée entre les données américaines et des données néerlandaises, montrant une forte proximité. C'est pourquoi les normes américaines ont été adoptées, supposant que la culture néerlandaise est proche de la culture francophone. De même, la validation de la grande majorité des tests francophones fait défaut, étant donné qu'ils ne sont que rarement validés dans la population française (Noël, 2021). En outre, dans la plupart des cas, des variables sociodémographiques telles que le niveau d'études des parents ne sont pas prises en compte lors de la constitution de normes, alors qu'elles peuvent avoir un impact sur le fonctionnement cognitif (Roy, 2015). Une des limites de nos normes concerne d'ailleurs le fait de ne pas avoir considéré le niveau socio-culturel. Il convient néanmoins de noter que nous avons fait en sorte d'inclure des enfants provenant d'écoles de différentes villes d'Ile-de-France ayant des niveaux socio-culturels différents, afin de respecter la représentativité de notre échantillon (cf. Annexe 4 : Caractéristiques socio-culturelles de l'échantillon d'étalonnage).

A l'heure actuelle, les tests neuropsychologiques utilisés présenteraient non seulement une faible validité, mais également une faible fidélité. C'est le cas de tests comme le Stroop, pour lequel plusieurs chercheurs ont rapporté une fidélité élevée des scores dans chaque condition (i.e., lecture, dénomination, interférence), mais une fidélité faible des scores de différence (i.e., score d'inhibition, qui correspond à un score de différence entre deux conditions ; Eide et al., 2002 ; Littman et al., 2023 ; Siegrist, 1997 ; Strauss et al., 2005). Pourtant, le Stroop est, selon l'étude de Branco Lopes et al. (2021), le test le plus utilisé en pratique clinique en France. Tout comme pour le Stroop, nous avons montré que les temps de réaction mesurés par TooN étaient stables dans toutes les conditions, alors que les effets d'indiçage (également mesurés grâce à des scores des différences entre deux conditions) présentaient une fidélité faible. Cette diminution des scores apparaît parce que, lors du calcul de scores de différence, il y a deux

[55] Dans ses travaux, Dieu (2021) a fait une synthèse des caractéristiques psychométriques des tests les plus utilisés en France selon une enquête réalisée par Branco Lopes et al. (2021).

erreurs de mesure qui interagissent au lieu d'une seule (une dans chaque condition ; Overall & Woodward, 1975). Des recherches ont montré que les modèles bayésiens permettent d'améliorer la fidélité des scores de différence (Littman et al., 2023). À l'avenir, nous allons tester ces modèles sur nos données pour vérifier que l'effet d'indiçage calculé par TooN est fidèle. En attendant, la stabilité des temps de réaction dans chaque condition, nous permet de conclure que TooN est fidèle.

Encadré n°3 : Caractéristiques psychométriques de TooN

Nous avons développé une méthodologie basée sur la constitution d'un étalonnage normalisé et permettant la vérification des qualités psychométriques :

- **Normalité** : Nous avons calculé les données normatives de cet outil chez 339 enfants au développement typique âgés de 6 à 10 ans. Comme nous avons montré des effets de l'âge et du sexe, nous avons pris en compte ces variables.
- **Sensibilité :** Chez les enfants au développement typique, l'outil évalue des effets d'indiçage robustes dans les conditions regard et pointage. Les effets de l'âge et du sexe montrent la sensibilité de TooN aux changements développementaux et aux différences cognitives entre les filles et les garçons. Chez les enfants atteints d'un TDAH, nous avons montré que l'outil est sensible aux difficultés de suivi du regard, mais notre faible échantillon ne nous a pas permis de déterminer la sensibilité de l'outil dans la condition pointage.
- **Validité :** Les analyses de corrélation entre les résultats à TooN et des tests du fonctionnement attentionnel, exécutif et social ne nous ont pour l'instant pas permis de déterminer ce que l'outil mesure réellement, mais des analyses supplémentaires seront effectuées dans le futur auprès d'un groupe plus important d'enfants atteints d'un TDAH. La vérification de la validité de notre outil est toutefois limitée par le manque d'outils de cognition sociale validés à ce jour.
- **Fidélité :** En testant un groupe d'enfants au développement typique deux fois, nous avons montré que les temps de réaction avaient une fidélité élevée dans toutes les conditions. À l'avenir, nous allons tester des modèles bayésiens sur nos données pour vérifier que l'effet d'indiçage calculé par notre outil est également fidèle.

2.3. Serait-il préférable d'utiliser des questionnaires ?

Rappelons que, dans notre méta-analyse, nous avons montré que les compétences sociales quotidiennes sont l'aspect du fonctionnement social qui présente la plus grande taille d'effet[56]. Cela peut être lié au fait qu'il s'agit de la seule composante qui intègre uniquement des questionnaires. Cette taille d'effet révèle probablement un dysfonctionnement social robuste dans la vie quotidienne que les tâches évaluant la théorie de l'esprit, l'empathie ou la reconnaissance des émotions ne parviennent pas à complètement capturer parce qu'elles impliquent des informations sociales moins complexes que les situations de la vie de tous les jours. En accord avec cette proposition, nos analyses supplémentaires sur la théorie de l'esprit suggèrent que les tâches utilisées pour mesurer cette composante identifient moins bien les difficultés que les questionnaires. L'ensemble de ces résultats converge avec des travaux antérieurs qui ont montré, dans le TDAH, que l'utilisation de tâches neuropsychologiques permet de tirer des conclusions différentes par rapport aux questionnaires (Barkley & Fischer, 2011 ; Barkley & Murphy, 2011), notamment dans le domaine social (Charman et al., 2001). Notre travail souligne donc la faible validité écologique des tâches de cognition sociale et l'importance d'utiliser différents types d'outils (i.e., observation, entretiens, questionnaires, tests) lors de l'évaluation des enfants TDAH en pratique clinique. Il permet également de conclure que, dans le cadre de l'évaluation de la validité de TooN, l'utilisation de questionnaires sera à privilégier pour identifier les difficultés sociales des enfants TDAH. Des corrélations seront notamment réalisées entre les performances à TooN et les réponses à des questionnaires de compétences sociales souvent utilisés en pratique clinique (e.g., Conners, 2008).

2.4. La spécificité des troubles

Les résultats de la méta-analyse ont montré que la théorie de l'esprit (i.e., composantes cognitive et affective), contrairement à l'empathie (i.e., composante affective), est altérée chez les enfants atteints d'un TDAH. Même si le faible nombre d'études examinant l'empathie ne nous permet pas de conclure de façon définitive, il est possible que les enfants souffrant d'un TDAH ne rencontrent que des difficultés de théorie de l'esprit. En effet, les processus impliqués dans cette dernière seraient plus exigeants sur le plan cognitif (Yu & Chou, 2018) et nécessiteraient une utilisation efficace des fonctions exécutives et attentionnelles, qui sont

[56] Plus la taille d'effet est élevée et plus les enfants atteints d'un TDAH rencontrent des difficultés par rapport aux enfants au développement typique.

souvent atteintes chez ces enfants (Seidman, 2006 ; Sjöwall et al., 2013 ; Sjöwall & Thorell, 2022 ; Willcutt et al., 2005). Ce dernier point pose notamment la question, à laquelle nous n'avons pas pu répondre au cours de ce travail, de la spécificité des déficits de la cognition sociale par rapport aux troubles exécutifs et attentionnels habituellement décrits dans cette population. Si la théorie de l'esprit est plus altérée que l'empathie car elle demande l'utilisation des fonctions attentionnelles et exécutives, est-ce que nous pouvons conclure qu'il existe une cognition sociale qui serait spécifiquement atteinte dans le TDAH ? Ou est-ce que les difficultés sociales rencontrées par ces enfants sont le résultat de leurs déficits attentionnels et exécutifs ?

De nombreux auteurs suggèrent que les difficultés de cognition sociale peuvent être secondaires à d'autres déficits présents chez ces enfants, telles que les difficultés attentionnelles et exécutives (Barkley, 2015 ; Mary et al., 2016 ; Sinzig et al., 2008). Par exemple, Mary et al. (2016) ont montré que, les enfants atteints d'un TDAH rencontraient des difficultés de cognition sociale lorsque les fonctions exécutives et attentionnelles n'étaient pas contrôlées, alors que ces difficultés disparaissaient dès lors que ces variables étaient prises en compte. Une des forces de notre méta-analyse est d'avoir considéré l'effet de potentielles variables modératrices en prenant en compte leur ajustement. Cependant, très peu d'études contrôlent des variables telles que le QI ou d'autres fonctions cognitives (e.g., en utilisant des procédures d'appariement ou en ajustant les tailles d'effet dans les modèles statistiques utilisés). Les variables modératrices les plus souvent contrôlées sont l'âge et le sexe. Par conséquent, nous n'avons pas pu déterminer si les difficultés de la cognition sociale rencontrées par les enfants atteints d'un TDAH sont spécifiques ou secondaires aux déficits exécutif et/ou attentionnels souvent observés dans cette population. Comme soulevé en début de discussion (cf. section 3. La question de la condition contrôle), la question de savoir si la cognition sociale peut être affectée de façon spécifique est extrêmement intéressante pour la recherche fondamentale et est loin d'être triviale. Bien que l'existence de mécanismes cognitifs et de structures cérébrales dédiés au traitement des informations sociales fasse consensus, il existe encore peu d'arguments empiriques étayant cette position (e.g., Lockwood et al., 2020).

Cette problématique de la spécificité des troubles de la cognition sociale est également primordiale lors du développement d'un test. Est-il réellement possible d'évaluer la cognition sociale sans évaluer d'autres dimensions de la cognition ? Peut-on conclure à un déficit de la cognition sociale lorsqu'on utilise un outil censé la mesurer mais impliquant également des capacités de langage, de mémoire et/ou d'attention ? Lors de l'évaluation neuropsychologique,

nous avons tendance à considérer la pureté d'une mesure cognitive comme un objectif ultime, alors qu'il est inatteignable. En effet, dans la vie réelle, les fonctions cognitives interagissent en permanence et les unes sont peu efficientes sans les autres (Quesque & Bertoux, 2022). À cet égard, les tests existant à ce jour évaluent généralement des capacités complexes de la cognition sociale telles que la théorie de l'esprit, dans lesquelles des processus cognitifs non sociaux, comme la mémoire de travail, le langage et la compréhension entrent en jeu et peuvent avoir un impact sur les résultats. Malgré notre choix délibéré d'évaluer une aptitude basique de la cognition sociale qui ne requiert pas d'importantes compétences langagières et en mémoire de travail, il est indéniable que d'autres fonctions cognitives entrent en jeu, notamment l'attention spatiale et l'inhibition, ce qui rend difficile la réalisation d'une évaluation pure du suivi des indices sociaux.

Notre hypothèse est d'ailleurs que TooN peut également renseigner sur les capacités d'attention et d'inhibition des enfants. En effet, un faible pourcentage de bonnes réponses pourrait être associé à des difficultés d'attention globale (i.e., une moins bonne précision), un grand nombre de fausses alarmes pourrait être le signe de difficultés d'inhibition et un nombre élevé d'omissions pourrait être le résultat d'une distractibilité. De plus, des temps de réaction élevés pourraient être associés à un ralentissement général, en lien avec des difficultés attentionnelles. Enfin, l'administration des deux séquences pourrait également aider le clinicien à évaluer la variabilité de l'attention du patient tout au long de l'évaluation. Par exemple, des variations dans les temps de réaction ou les erreurs dans l'une ou l'autre des séquences ainsi que des signes de fatigue, pourraient servir d'indicateurs d'éventuels problèmes attentionnels.

Afin de déterminer si TooN permet d'évaluer ces fonctions non sociales, plusieurs analyses de corrélation ont été réalisées. Dans notre deuxième étude, nous avons utilisé le test d'attention visuelle de la NEPSI-I (Korkman, 1998) et la version adaptée de Catale et al. (2014) du test Stroop fruits (Archibald & Kerns, 1999) pour évaluer les performances attentionnelles et d'inhibition auprès des enfants au développement typique[57]. Les analyses effectuées ont révélé plusieurs corrélations entre les performances au test d'attention visuelle et les résultats à TooN, corroborant ainsi l'idée qu'en utilisant un paradigme de type Posner, TooN capture également la capacité générale d'attention visuelle. En ce qui concerne l'inhibition, nous n'avons trouvé aucune corrélation significative, certainement parce que le Stroop fruits évalue l'inhibition

[57] Pour rappel, le test d'attention visuelle de la NEPSI-I (Korkman, 1998) a été utilisé dans le groupe d'enfants participant à l'étalonnage de TooN et la version adaptée de Catale et al. (2014) du test Stroop fruits (Archibald & Kerns, 1999) dans le groupe d'enfants participant à la vérification de la fidélité test-retest.

cognitive (i.e., inhibition d'une réponse verbale), alors que TooN évaluerait plutôt l'inhibition motrice. Comme ces deux types d'inhibition sont connus pour être distincts (Nigg, 2000), d'autres tâches évaluant l'inhibition motrice pourront être utilisées dans le futur pour tester notre hypothèse (e.g., subtest de Tapping de la FÉE, Roy et al., 2020 ; subtest Marche-arrête de la TEA-Ch, Manly et al., 2006 ; tâches de type Flanker, Eriksen & Eriksen, 1974).

Dans notre troisième étude, conduite chez les enfants atteints d'un TDAH, nous n'avons pas observé de lien entre les performances à TooN et les tests attentionnels (subtests « Recherche dans le ciel » et « Coups de fusil » de la TEA-ch, Manly et al., 2006) et d'inhibition (subtest « Inhibition » de la NEPSY-II, Korkman et al., 2012). Néanmoins, les enfants au développement typique ont montré un pourcentage plus élevé de réponses correctes que les enfants souffrant de TDAH et ont eu tendance à être plus rapides. De plus, les analyses individuelles ont permis d'identifier quatre enfants présentant des scores anormaux (soit ~ 36% de l'échantillon). Ces derniers résultats suggèrent que TooN pourrait corroborer les difficultés attentionnelles et/ou exécutives souvent observées chez les enfants souffrant de TDAH (e.g., des troubles des fonctions exécutives ont été constatés chez 36 % de ces enfants ; Sjöwall et al., 2013). Cependant, ces analyses ont été conduites sur un petit échantillon. À l'avenir, nous recruterons un échantillon plus large d'enfants atteints de TDAH (30 enfants), afin de déterminer si les résultats à TooN peuvent corroborer les difficultés attentionnelles et/ou exécutives qui sont souvent observées chez les enfants atteints de TDAH.

Perspectives cliniques et de recherche

1. Évaluation du suivi des indices sociaux

Tout d'abord, les résultats de notre méta-analyse nous ont permis de montrer le besoin d'évaluer le fonctionnement social des enfants et des adolescents atteints d'un TDAH, afin de fournir des soins psychosociaux appropriés. L'hétérogénéité des résultats concernant la cognition sociale dans le TDAH suggère qu'une telle évaluation devrait inclure différents outils (e.g., tests, questionnaires, observations, entretiens) et cibler la théorie de l'esprit, la reconnaissance des émotions faciales et les compétences sociales quotidiennes. De plus, nos résultats vont dans le sens des travaux de Barkley (Barkley, 2015 ; Barkley & Fischer, 2011 ; Barkley & Murphy, 2011), dans lesquels l'auteur soutient que les échelles d'évaluation des fonctions exécutives prédisent mieux le fonctionnement adaptatif et la vie quotidienne que les tâches neuropsychologiques, certainement en raison de la faible validité écologique des tâches utilisées à ce jour (Charman et al., 2001). Ainsi, notre première étude montre, en accord avec la littérature (McCauley et al., 2012 ; Thompson et al., 2018), le besoin de développer de nouveaux outils de cognition sociale.

Puisque nous avons montré des difficultés de théorie de l'esprit et de reconnaissance des émotions faciales chez les enfants atteints d'un TDAH, un de nos objectifs pourrait être de développer des outils permettant d'évaluer ces capacités, ou de mieux évaluer les qualités psychométriques de ceux existant. En effet, à l'heure actuelle, la majorité des tests de cognition sociale évaluent ces fonctions (e.g., RMET et *Faces test* de Baron-Cohen), mais se caractérisent par une faible validité écologique (Thompson et al., 2018) et une absence de données concernant leur fidélité et leur validité de construit (Howieson, 2019 ; Roy, 2015). Comme préalablement mentionné, les tests qui mesurent des compétences de haut niveau (e.g., théorie de l'esprit) peuvent être bruités par des déficits d'autres processus cognitifs (e.g., langage, mémoire de travail). Il apparaît ainsi pertinent de développer des outils écologiques, évaluant des capacités de bas niveau (e.g., le suivi des indices sociaux), dans lesquelles moins de processus cognitifs seraient impliqués. À cet égard, plusieurs chercheurs soulignent le besoin de développer des tests évaluant d'autres composantes que celles habituellement évaluées (e.g.,

théorie de l'esprit, reconnaissance des émotions) et de réaliser une évaluation multidimensionnelle de la cognition sociale (Quesque & Bertoux, 2022).

Dans le cadre de cette thèse, nous avons développé un outil clinique évaluant la capacité à suivre des indices sociaux. Ce dernier est facile à utiliser et présente une interface adaptée aux besoins des neuropsychologues. TooN devrait contribuer à identifier des difficultés dans la sphère sociale. Une faible performance dans le suivi des indices sociaux (i.e., une absence d'effet d'indiçage) peut prédire des difficultés dans des compétences sociocognitives de plus haut niveau et inciter le neuropsychologue à approfondir cette piste. En effet, les tests neuropsychologiques sont rarement conçus pour être utilisés seuls. Il est primordial de diversifier les tests et les fonctions évaluées pour comprendre le profil cognitif du patient. TooN a donc été développé pour être utilisé dans le cadre d'un bilan neuropsychologique complet. Par exemple, si un patient ne suit pas spontanément le regard et/ou le pointage du doigt d'autrui, le neuropsychologue doit utiliser son expertise clinique et comparer les performances du patient aux résultats dans d'autres tests cognitifs et questionnaires, ainsi qu'à l'observation clinique et aux informations recueillies lors de l'entretien. Toutes ces données aideront le neuropsychologue à déterminer si l'enfant éprouve des difficultés sociales, ou si les faibles performances sont attribuables à un déficit exécutif et/ou d'attention. Il est également essentiel de souligner que même si les lacunes dans le suivi des indices sociaux ne sont pas exclusivement liées aux compétences sociales, elles doivent être prises en considération dans la prise en charge, car elles peuvent entraîner des perturbations dans le domaine social.

2. Et après l'évaluation ?

À la suite de l'évaluation, le neuropsychologue sera en mesure de recommander une prise en charge adaptée. Si un enfant donné rencontre une difficulté à suivre les indices sociaux, il pourrait proposer une rééducation visant à prévenir d'éventuels problèmes sociocognitifs plus graves qui pourraient survenir à l'adolescence ou à l'âge adulte. En revanche, lorsque l'enfant suit spontanément les indices sociaux, le neuropsychologue sait qu'il peut utiliser efficacement de tels indices lors de la rééducation pour mieux guider l'attention de l'enfant et compenser ses troubles attentionnels et/ou exécutifs. Ces indices sociaux pourront être également utilisés dans les situations de la vie quotidienne ou à l'école pour améliorer le processus d'apprentissage de l'enfant.

Lorsque des difficultés de suivi des indices sociaux associées à des difficultés sociales au quotidien sont objectivées, le neuropsychologue peut, par exemple, recommander des programmes de réhabilitation sociale. A l'heure actuelle, ces programmes sont fréquemment proposés aux enfants atteints d'un TDAH par les neuropsychologues, alors même que les données disponibles à ce jour suggèrent que leur efficacité est limitée (cf. Mikami et al., 2017, pour une revue). Une possible raison de cette inefficacité serait le caractère systématique avec lequel les neuropsychologues peuvent parfois les proposer, sans avoir veillé au préalable à l'identification d'une véritable difficulté sociale. En identifiant les enfants qui rencontrent des difficultés dans le traitement des indices sociaux liées à des déficits sociaux dans leur vie quotidienne, il serait alors possible de proposer des interventions plus ciblées et adaptées à leurs besoins spécifiques.

En complément des programmes de réhabilitation sociale, une rééducation du mécanisme de suivi des indices sociaux pourrait être proposée. Le neuropsychologue pourrait notamment incorporer davantage ces indices dans les interactions avec l'enfant, lui enseignant ainsi leur signification. D'autres rééducations pourraient être suggérées avec un matériel sous forme de vidéos ou de photos. A titre d'exemple, nous pourrions imaginer une rééducation dans laquelle le neuropsychologue montrerait des images ou des vidéos de la vie quotidienne où des personnes regarderaient vers la droite et/ou la gauche ; le professionnel poserait ensuite des questions à l'enfant, telles que : « Peux-tu décrire cette image ? », « Où est-ce que la personne regarde ? », « Pourquoi est-ce que la personne regarde vers cet endroit ? », « Qu'est-ce que la personne ressent ou pense ? » et « Quelles sont ses intentions ? ». La complexité des images et vidéos pourrait être adaptée en fonction des difficultés de l'enfant et de ses progrès. En effet, le neuropsychologue pourrait choisir de commencer par des situations simples de la vie quotidienne, puis introduire progressivement des scénarios davantage complexes, impliquant notamment plusieurs personnages.

3. Nos perspectives de recherche

Une poursuite du projet est nécessaire pour atteindre les objectifs fixés. En premier lieu, puisque nous n'avons pas réussi à atteindre le nombre d'enfants souffrant de TDAH souhaité (30 enfants), nous allons tester un groupe d'enfants plus conséquent. Ce recueil de données nous permettra d'effectuer des corrélations entre les performances à TooN et les résultats à d'autres mesures du fonctionnement social, attentionnel et exécutif, afin de mieux déterminer ce que

TooN mesure. Cependant, comme nous l'avons préalablement évoqué, il est probable que le manque de validité des tâches de cognition sociale disponibles à ce jour limite nos futures conclusions. En outre, ces données nous permettront de vérifier si l'outil est sensible à l'évaluation de difficultés de suivi du pointage dans le TDAH (et non seulement aux difficultés de suivi du regard). En second lieu, comme les modèles traditionnels ne permettent pas toujours de bien évaluer la fidélité test-retest des scores de différence, nous allons conduire des modèles bayésiens afin d'évaluer la fidélité des effets d'indiçage sur les données des 28 enfants au développement typique ayant passé le test deux fois.

À long terme, d'autres recherches pourront être conduites. Par exemple, TooN pourrait être développé pour d'autres pathologies neurodéveloppementales telles que le TSA. En effet, un dysfonctionnement précoce du traitement du regard est largement exploré comme marqueur de cette pathologie (Papagiannopoulou et al., 2014). À notre connaissance, le suivi des mouvements oculaires est le seul outil qui a été développé pour aider à identifier un tel dysfonctionnement, généralement chez les enfants d'âge préscolaire (Sadria et al., 2019 ; Wan et al., 2019). Cependant, chez certains enfants atteints d'un TSA, le diagnostic est réalisé plus tardivement, probablement en raison d'une augmentation des symptômes avec l'âge ou de la présence d'autres troubles qui masquent le diagnostic de TSA (Davidovitch et al., 2015 ; Ozonoff et al., 2018). Il est donc nécessaire de développer de nouveaux outils faciles à utiliser par les cliniciens, pour aider à établir le diagnostic de ces enfants.

Par ailleurs, TooN a été étalonné en priorité chez des enfants âgés de 6 à 10 ans parce que le diagnostic a souvent lieu pendant cette période (Sainsbury et al., 2023). Néanmoins, étant donné que de nombreux enfants présentant des troubles neurodéveloppementaux sont diagnostiqués plus tardivement, un étalonnage pourra à l'avenir être réalisé sur un échantillon de participants plus âgés (e.g., entre 11 et 19 ans). Bien que la possibilité d'étalonner TooN chez des enfants plus jeunes existe également, il sera nécessaire de tester TooN pour déterminer à partir de quel âge la tâche devient appropriée et réalisable.

Chez les adultes âgés de 20 à 80 ans, une version alternative de TooN est en cours d'étalonnage. Celle-ci manipule des essais neutres (i.e., dans lesquelles la personne ne bouge pas) au lieu d'essais incongruents pour les comparer aux essais congruents (cf. Encadré n°1, Étude 2 – Étalonnage et fidélité de TooN). La version contenant des essais incongruents n'a pas été utilisée pour l'étalonnage chez l'adulte, parce que l'effet d'indiçage par le regard calculé avec cette version est très faible chez l'adulte (cf. Encadré n°2, Étude 2 – Étalonnage et fidélité de TooN). A l'origine, cette version neutre a été pensée pour les adultes atteints d'une négligence

spatiale unilatérale (NSU)[58]. L'objectif était de développer un outil capable de déterminer si le regard ou le pointage du doigt d'une personne peut inciter efficacement une personne souffrant de NSU à explorer son champ visuel ignoré (Narison et al., 2020). La problématique était différente de celle d'identifier un déficit de la cognition sociale, comme nous proposons de le faire dans le TDAH. Toutefois, la version neutre développée pour les adultes pourra être testée dans d'autres pathologies que la NSU. À ce jour, peu de preuves existent d'une difficulté à suivre des indices sociaux chez l'adulte atteint de TDAH. À l'avenir, il serait ainsi pertinent d'explorer si, comme nous l'avons montré dans notre échantillon d'enfants TDAH, les adultes atteints d'un TDAH éprouvent des difficultés comparativement à des individus sans troubles.

[58] La négligence spatiale unilatérale, ou héminégligence, désigne l'incapacité ou la difficulté d'une personne à porter son attention du côté opposé à une lésion cérébrale. Généralement, cette difficulté survient lorsque la lésion se situe dans l'hémisphère droit. Dans ce cas, la personne est en incapacité de détecter des objets ou des événements situés à sa gauche.

Synthèse des perspectives cliniques et de recherche

Perspectives cliniques :

- **Évaluer une aptitude basique de la cognition sociale** : Puisque les enfants atteints d'un TDAH rencontrent des difficultés sociales, TooN pourrait permettre d'évaluer le suivi des indices sociaux, qui serait une aptitude basique de la cognition sociale, prédictive de compétences sociales de plus haut niveau.
- **Corroborer des difficultés cognitives non sociales :** TooN devra être utilisé dans le cadre d'un bilan neuropsychologique complet et pourrait permettre de corroborer des difficultés attentionnelles et/ou exécutives. Si l'enfant rencontre une difficulté, le neuropsychologue devra confronter toutes les informations du bilan, afin de comprendre si l'enfant rencontre une difficulté sociale ou si les faibles performances sont secondaires à un déficit exécutif et/ou d'attention.
- **Adapter la rééducation des enfants atteints d'un TDAH :** Compte tenu du fait que tous les enfants ne rencontrent pas des difficultés, il est essentiel d'identifier ces enfants pour pouvoir proposer une prise en charge adaptée. Cette rééducation pourra permettre d'éviter des dysfonctionnements plus importants, qui risquent de se manifester à l'adolescence et à l'âge adulte.

Perspectives de recherche à court terme :

- Tester TooN chez un plus grand nombre d'enfants atteints d'un TDAH pour déterminer ce que l'outil mesure réellement et procéder ainsi à sa validation, ainsi qu'évaluer la sensibilité de la condition pointage.
- Réaliser des modèles bayésiens pour vérifier la fidélité des scores d'indiçage.

Perspectives de recherche à long terme :

- Valider TooN dans d'autres pathologies (e.g., enfants avec TSA)
- Etalonner TooN chez des enfants plus âgés (e.g., entre 11 et 19 ans) et le tester chez des enfants plus jeunes pour déterminer l'âge à partir duquel la tâche peut être réalisée.
- Finir l'étalonnage de la version neutre de TooN auprès des adultes (e.g., entre 20 et 80 ans) et la tester chez des adultes atteints d'un TDAH.

Conclusion générale

Cette thèse comportait deux objectifs principaux. Le premier était de réaliser un état des lieux des difficultés de cognition sociale et des compétences sociales au quotidien des enfants atteints d'un TDAH au moyen d'une méta-analyse. Cette dernière nous a permis de conclure que les enfants et adolescents atteints d'un TDAH rencontrent des difficultés dans les domaines de la théorie de l'esprit, de la reconnaissance des émotions faciales et des compétences sociales quotidiennes. Ces résultats soulignent le besoin d'évaluer ces composantes en pratique clinique. Étant donné que tous ces enfants n'éprouvent pas de telles difficultés, notre deuxième objectif était de développer un outil permettant d'identifier les enfants présentant des déficits d'ordre sociocognitif, pour adapter leur prise en charge. Notre outil, nommé TooN, permet ainsi d'évaluer le comportement de suivi des indices sociaux, une aptitude basique de la cognition sociale, pouvant éventuellement prédire des capacités sociales de plus haut niveau. Dans le cadre de cette thèse, nous avons étalonné l'outil auprès d'enfants au développement typique âgés de 6 à 10 ans et nous avons commencé à tester ses qualités psychométriques (i.e., sensibilité, validité, fidélité). Les résultats préliminaires suggèrent que TooN est fidèle et sensible aux difficultés de suivi du regard chez les enfants souffrant de TDAH. Nous devons toutefois tester plus d'enfants atteints d'un TDAH pour étayer nos conclusions.

L'une des principales limites de notre travail concerne le manque de tests de cognition sociale validés, notamment auprès de la population pédiatrique française, pour évaluer la validité de construit de TooN. L'ensemble de notre travail révèle ainsi, sur le plan de la recherche, la nécessité de développer des tests de cognition sociale dont les qualités psychométriques sont dûment vérifiées. Dans l'ensemble, les écarts de performances observés avec notre outil entre les enfants au développement typique et ceux atteints de TDAH ainsi que l'hétérogénéité des performances de ces derniers, confirment la pertinence d'utiliser TooN lors de l'évaluation neuropsychologique des enfants suspectés de TDAH. À l'avenir, TooN pourra être utilisé dans le cadre d'un bilan neuropsychologique complet pour permettre aux cliniciens d'identifier des difficultés de suivi des indices sociaux et de corroborer d'éventuels déficits sociaux, exécutifs et/ou attentionnels. En dehors de cet aspect, notre travail révèle la nécessité d'évaluer de façon systématique le fonctionnement social des enfants suspectés de TDAH, en diversifiant les outils d'évaluation et les fonctions mesurées, et ce pour proposer des méthodes de remédiation répondant au mieux au profil cognitif de l'enfant.

Bibliographie

Achenbach, T. M. (1991). *Manual for the Child Behaviour Check-List/4-18 and 1991 Profile*. Burlington.

Achim, A. M., Guitton, M., Jackson, P. L., Boutin, A., & Monetta, L. (2013). On what ground do we mentalize? Characteristics of current tasks and sources of information that contribute to mentalizing judgments. *Psychological Assessment*, *25*(1), 117–126. https://doi.org/10.1037/a0029137

Achim, A. M., Thibaudeau, É., Haesebaert, F., Parent, C., Cellard, C., & Cayouette, A. (2020). La cognition sociale : Construits, évaluation et pertinence clinique. *Revue de neuropsychologie*, *12*(1), 46–69. https://doi.org/10.1684/nrp.2020.0537

Adams, R. B., Rule, N. O., Franklin, R. G., Wang, E., Stevenson, M. T., Yoshikawa, S., Nomura, M., Sato, W., Kveraga, K., & Ambady, N. (2010). Cross-cultural Reading the Mind in the Eyes: An fMRI Investigation. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *22*(1), 97–108. https://doi.org/10.1162/jocn.2009.21187

Adolphs, R. (2001). The neurobiology of social cognition. *Current Opinion in Neurobiology*, *11*(2), 231–239. https://doi.org/10.1016/S0959-4388(00)00202-6

AERA. (2014). *Standards for Educational and Psychological Testing*. American Psychological Association.

Airdrie, J. N., Langley, K., Thapar, A., & van Goozen, S. H. M. (2018). Facial Emotion Recognition and Eye Gaze in Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder With and Without Comorbid Conduct Disorder. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, *57*(8), 561-570. https://doi.org/10.1016/j.jaac.2018.04.016

Allison, T., Puce, A., & McCarthy, G. (2000). Social Perception from Visual Cues: Role of the STS Region. *Trends in Cognitive Sciences*, *4*(7), 267–278. https://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01501-1

Alwall, N., Johansson, D., & Hansen, S. (2010). The gender difference in gaze-cueing: Associations with empathizing and systemizing. *Personality and Individual Differences*, *49*(7), 729–732. https://doi.org/10.1016/j.paid.2010.06.016

American Psychiatric Association. (2000). *Statistical Manual of Mental Disorders DSM-IV Fourth Edition-Text Revision*. American Psychiatric Association.

American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders* (5th ed.). https://doi.org/10.1176/appi.books.9780890425596

Amieva, H., Michael, G. A., & Allain, P. (2011). Les normes et leur utilisation. Dans C. Thomas-Anterion & E. Barbeau (Dir.), *Neuropsychologie en pratique(s)* (p. 73–86). Solal.

André, N., Loye, N., & Laurencelle, L. (2015). La validité psychométrique : Un regard global sur le concept centenaire, sa genèse, ses avatars. *Mesure et Évaluation En Éducation*, *37*(3), 125–148. https://doi.org/10.7202/1036330ar

Archibald, S. J., & Kerns, K. A. (1999). Identification and Description of New Tests of Executive Functioning in Children. *Child Neuropsychology*, *5*(2), 115–129. https://doi.org/10.1076/chin.5.2.115.3167

Ariga, A., & Watanabe, K. (2009). What is special about the index finger?: The index finger advantage in manipulating reflexive attentional shift. *Japanese Psychological Research*, *51*(4), 258–265. https://doi.org/10.1111/j.1468-5884.2009.00408.x

Aspan, N., Bozsik, C., Gadoros, J., Nagy, P., Inantsy-Pap, J., Vida, P., & Halasz, J. (2014). Emotion Recognition Pattern in Adolescent Boys with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *BioMed Research International*, 1–8. https://doi.org/10.1155/2014/761340

Aubineau, L.-H., Vandromme, L., & Le Driant, B. (2015). L'attention conjointe, quarante ans d'évaluations et de recherches de modélisations. *L'Année psychologique*, *115*(1), 141–174. https://doi.org/10.3917/anpsy.151.0141

August, G. J., & Garfinkel, B. D. (1990). Comorbidity of ADHD and reading disability among clinic-referred children. *Journal of Abnormal Child Psychology*, *18*(1), 29–45. https://doi.org/10.1007/BF00919454

Ayaz, A., Ayaz, M., & Yazgan, Y. (2013). Alterations in Social Reciprocity in Attention-Deficit Hyperactivity Disorder. *Türk Psikiyatri Dergisi = Turkish Journal of Psychiatry*, *24*, 101–110. https://doi.org/10.5080/u6800

Barkley, R. A. (1997). Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions: Constructing a unifying theory of ADHD. *Psychological Bulletin*, *121*(1), 65–94. https://doi.org/10.1037/0033-2909.121.1.65

Barkley, R. A. (2015). *Attention-Deficit Hyperactivity Disorder: A Handbook for Diagnosis and Treatment* (4th ed.). The Guilford Press.

Barkley, R. A., & Fischer, M. (2011). Predicting Impairment in Major Life Activities and Occupational Functioning in Hyperactive Children as Adults: Self-Reported Executive Function (EF) Deficits Versus EF Tests. *Developmental Neuropsychology*, *36*(2), 137–161. https://doi.org/10.1080/87565641.2010.549877

Barkley, R. A., & Murphy, K. R. (2011). The Nature of Executive Function (EF) Deficits in Daily Life Activities in Adults with ADHD and Their Relationship to Performance on EF Tests. *Journal of Psychopathology and Behavioral Assessment*, *33*(2), 137–158. https://doi.org/10.1007/s10862-011-9217-x

Barkley, R. A., Murphy, K. R., & Fischer, M. (2008). *ADHD in Adults: What the Science Says*. Guilford Press.

Baron-Cohen, S. (1994). How to build a baby that can read minds: Cognitive mechanisms in mindreading. *Cahiers de Psychologie Cognitive/Current Psychology of Cognition*, *13*, 513–552.

Baron-Cohen, S. (2000). Theory of mind and autism: A review. *International Review of Research in Mental Retardation*, *23*, 169–184. https://doi.org/10.1016/S0074-7750(00)80010-5

Baron-Cohen, S. (2011). The evolution and diagnosis of empathy. *The Evolutionary Review*, *2*(1), 55–57.

Baron-Cohen, S., Jolliffe, T., Mortimore, C., & Robertson, M. (1997). Another Advanced Test of Theory of Mind: Evidence from Very High Functioning Adults with Autism or Asperger Syndrome. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *38*(7), 813–822. https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1997.tb01599.x

Baron-Cohen, S., Leslie, A. M., & Frith, U. (1985). Does the autistic child have a "theory of mind"? *Cognition*, *21*(1), 37–46. https://doi.org/10.1016/0010-0277(85)90022-8

Baron-Cohen, S., & Wheelwright, S. (2004). The Empathy Quotient: An Investigation of Adults with Asperger Syndrome or High Functioning Autism, and Normal Sex Differences. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *34*(2), 163–175. https://doi.org/10.1023/B:JADD.0000022607.19833.00

Baron-Cohen, S., Wheelwright, S., Hill, J., Raste, Y., & Plumb, I. (2001). The "Reading the Mind in the Eyes" Test revised version: A study with normal adults, and adults with Asperger syndrome or high-functioning autism. *The Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, *42*(2), 241–251. https://doi.org/10.1017/S0021963001006643

Baron-Cohen, S., Wheelwright, S., & Jolliffe, T. (1997). Is there a 'language of the eyes'? Evidence from normal adults, and adults with autism or Asperger syndrome. *Visual Cognition*, *4*(3), 311–331. https://doi.org/10.1080/713756761

Bayliss, A. P., di Pellegrino, G., & Tipper, S. P. (2005). Sex differences in eye gaze and symbolic cueing of attention. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, *58*(4), 631–650. https://doi.org/10.1080/02724980443000124

Bayliss, A. P., Paul, M. A., Cannon, P. R., & Tipper, S. P. (2006). Gaze cuing and affective judgments of objects: I like what you look at. *Psychonomic Bulletin & Review*, *13*(6), 1061–1066. https://doi.org/10.3758/BF03213926

Beauchamp, M. H., & Anderson, V. (2010). SOCIAL: An integrative framework for the development of social skills. *Psychological Bulletin*, *136*(1), 39–64. https://doi.org/10.1037/a0017768

Beer, J. S., & Ochsner, K. N. (2006). Social cognition: A multi level analysis. *Brain Research*, *1079*(1), 98–105. https://doi.org/10.1016/j.brainres.2006.01.002

Belopolsky, A. V., Olivers, C. N. L., & Theeuwes, J. (2008). To point a finger: Attentional and motor consequences of observing pointing movements. *Acta Psychologica*, *128*(1), 56–62. https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2007.09.012

Berenguer, C., Roselló, B., & Baixauli, I. (2017). ADHD Symptoms and peer problems: Mediation of executive function and theory of mind. *Psicothema*, *29*(4), 514–519. https://doi.org/10.7334/psicothema2016.376

Berenguer, C., Roselló, B., Colomer, C., Baixauli, I., & Miranda, A. (2018). Children with autism and attention deficit hyperactivity disorder. Relationships between symptoms and executive function, theory of mind, and behavioral problems. *Research in Developmental Disabilities*, *83*, 260–269. https://doi.org/10.1016/j.ridd.2018.10.001

Berres, M., Monsch, A. U., Bernasconi, F., Thalmann, B., & Stähelin, H. B. (2000). Normal ranges of neuropsychological tests for the diagnosis of Alzheimer's disease. *Studies in*

Health Technology and Informatics, *77*, 195–199. https://doi.org/10.3233/978-1-60750-921-9-195

Bertenthal, B. I., Boyer, T. W., & Harding, S. (2014). When do infants begin to follow a point? *Developmental Psychology*, *50*(8), 2036–2048. https://doi.org/10.1037/a0037152

Best, J. R., & Miller, P. H. (2010). A Developmental Perspective on Executive Function. *Child Development*, *81*(6), 1641–1660. https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2010.01499.x

Bioulac, S., Arfi, L., & Bouvard, M. P. (2008). Attention deficit/hyperactivity disorder and video games: A comparative study of hyperactive and control children. *European Psychiatry*, *23*(2), 134–141. https://doi.org/10.1016/j.eurpsy.2007.11.002

Bird, G., Silani, G., Brindley, R., White, S., Frith, U., & Singer, T. (2010). Empathic brain responses in insula are modulated by levels of alexithymia but not autism. *Brain*, *133*(5), 1515–1525. https://doi.org/10.1093/brain/awq060

Bird, H. R. (2002). The diagnostic classification, epidemiology, and cross-cultural validity of ADHD. In P. S. Jensen & J. Cooper (Eds.), *Attention deficit hyperactivity disorder: State of the science-best practices* (pp. 12-1-12–36). Civic Research Institute.

Blackman, G. L., Ostrander, R., & Herman, K. C. (2005). Children with ADHD and Depression: A Multisource, Multimethod Assessment of Clinical, Social, and Academic Functioning. *Journal of Attention Disorders*, *8*(4), 195–207. https://doi.org/10.1177/1087054705278777

Boakes, J., Chapman, E., Houghton, S., & West, J. (2007). Facial Affect Interpretation in Boys with Attention Deficit/Hyperactivity Disorder. *Child Neuropsychology*, *14*(1), 82–96. https://doi.org/10.1080/09297040701503327

Bolat, N., Eyüboğlu, D., Eyüboğlu, M., Sargin, E., & Eliacik, K. (2016). Emotion recognition and theory of mind deficits in children with attention deficit hyperactivity disorder. *Anadolu Psikiyatri Dergisi*, *18*(3), 250–256. https://doi.org/10.5455/apd.237695

Bora, E., & Pantelis, C. (2016). Meta-analysis of social cognition in attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD): Comparison with healthy controls and autistic spectrum disorder. *Psychological Medicine*, *46*(4), 699–716. https://doi.org/10.1017/S0033291715002573

Borhani, K., & Nejati, V. (2018). Emotional face recognition in individuals with attention-deficit/hyperactivity disorder: A review article. *Developmental Neuropsychology*, *43*(3), 256–277. https://doi.org/10.1080/87565641.2018.1440295

Bosacki, S. L. (2000). Theory of mind and self-concept in preadolescents: Links with gender and language. *Journal of Educational Psychology*, *92*(4), 709–717. https://doi.org/10.1037/0022-0663.92.4.709

Bottema-Beutel, K., Kim, S. Y., & Crowley, S. (2019). A systematic review and meta-regression analysis of social functioning correlates in autism and typical development. *Autism Research*, *12*(2), 152–175. https://doi.org/10.1002/aur.2055

Braaten, E. B., & Rosén, L. A. (2000). Self-regulation of affect in attention deficit-hyperactivity disorder (ADHD) and non-ADHD boys: Differences in empathic responding. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, *68*(2), 313–321. https://doi.org/10.1037/0022-006X.68.2.313

Branco Lopes, A., Leal, G., Malvy, L., Wauquiez, G., Ponchel, A., Rivera, D., & Arango-Lasprilla, J. C. (2021). Neuropsychology in France. *Applied Neuropsychology: Adult*, *28*(3), 328–339. https://doi.org/10.1080/23279095.2019.1633329

Brooks, R., & Meltzoff, A. N. (2005). The development of gaze following and its relation to language. *Developmental Science*, *8*(6), 535–543. https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2005.00445.x

Brooks, R., & Meltzoff, A. N. (2008). Infant gaze following and pointing predict accelerated vocabulary growth through two years of age: A longitudinal, growth curve modeling study. *Journal of Child Language*, *35*(1), 207–220. https://doi.org/10.1017/S030500090700829X

Brooks, R., & Meltzoff, A. N. (2015). Connecting the dots from infancy to childhood: A longitudinal study connecting gaze following, language, and explicit theory of mind. *Journal of Experimental Child Psychology*, *130*, 67–78. https://doi.org/10.1016/j.jecp.2014.09.010

Buckingham, B. R., McCall, W. A., Otis, A. S., Rugg, H. O., Trabue, M. R., & Courtis, S. A. (1921). Report of the standardization committee. *Journal of Educational Research*, *4*(1), 78–80.

Buongiorno, M., Vaucheret, E., Giacchino, M., Mayoni, P., Polin, A., & Pardo-Campos, M. (2020). Reconocimiento de emociones faciales en niños con trastorno por déficit de atención/hiperactividad. *Rev. Neurol.(Ed. Impr.)*, *70*(4), 127–133. https://doi.org/10.33588/rn.7004.2019268

Butterworth, G. (1991). The ontogeny and phylogeny of joint visual attention. In A. Whiten (Ed.), *Natural theories of mind: Evolution, development and simulation of everyday mindreading* (pp. 223–232). Basil Blackwell.

Butterworth, G., & Itakura, S. (2000). How the eyes, head and hand serve definite reference. *British Journal of Developmental Psychology*, *18*(1), 25–50. https://doi.org/10.1348/026151000165553

Butterworth, G., & Jarrett, N. (1991). What minds have in common is space: Spatial mechanisms serving joint visual attention in infancy. *British Journal of Developmental Psychology*, *9*(1), 55–72. https://doi.org/10.1111/j.2044-835X.1991.tb00862.x

Capron, C., Thérond, C., & Duyme, M. (2007). Psychometric properties of the French version of the self-report and teacher Strengths and Difficulties Questionnaire (SDQ). *European Journal of Psychological Assessment*, *23*(2), 79–88. https://doi.org/10.1027/1015-5759.23.2.79

Carlson, S. M., Moses, L. J., & Breton, C. (2002). How specific is the relation between executive function and theory of mind? Contributions of inhibitory control and working memory. *Infant and Child Development*, *11*(2), 73–92. https://doi.org/10.1002/icd.298

Carlson, S. M., Moses, L. J., & Claxton, L. J. (2004). Individual differences in executive functioning and theory of mind: An investigation of inhibitory control and planning ability. *Journal of Experimental Child Psychology*, *87*(4), 299–319. https://doi.org/10.1016/j.jecp.2004.01.002

Carpenter, M., Nagell, K., Tomasello, M., Butterworth, G., & Moore, C. (1998). Social cognition, joint attention, and communicative competence from 9 to 15 months of age. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, *63*(4), i–174. https://doi.org/10.2307/1166214

Castellanos, F. X., Sonuga-Barke, E. J., Milham, M. P., & Tannock, R. (2006). Characterizing cognition in ADHD: Beyond executive dysfunction. *Trends in Cognitive Sciences*, *10*(3), 117–123. https://doi.org/10.1016/j.tics.2006.01.011

Catale, C., Lejeune, C., Schmitz, X., & Meulemans, T. (2014). Validation d'un test d'inhibition auprès d'enfants présentant un trouble déficitaire de l'attention avec ou sans hyperactivité. *Canadian Journal of Behavioural Science/Revue Canadienne Des Sciences Du Comportement*, *46*(1), 66–72. https://doi.org/10.1037/a0031006

Catale, C., & Meulemans, T. (2013). Diagnostic, évaluation et prise en charge du trouble déficitaire de l'attention avec/sans hyperactivité : Le point de vue du neuropsychologue. *Neuropsychiatrie de l'Enfance et de l'Adolescence*, *61*(3), 140–147. https://doi.org/10.1016/j.neurenf.2012.12.005

Cazzato, V., Macaluso, E., Crostella, F., & Aglioti, S. M. (2012). Mapping reflexive shifts of attention in eye-centered and hand-centered coordinate systems. *Human Brain Mapping*, *33*(1), 165–178. https://doi.org/10.1002/hbm.21202

Chacón-Candia, J. A., Lupiáñez, J., Casagrande, M., & Marotta, A. (2020). Sex Differences in Attentional Selection Following Gaze and Arrow Cues. *Frontiers in Psychology*, *11*. https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2020.00095

Charman, T., Baron-Cohen, S., Swettenham, J., Baird, G., Cox, A., & Drew, A. (2000). Testing joint attention, imitation, and play as infancy precursors to language and theory of mind. *Cognitive Development*, *15*(4), 481–498. https://doi.org/10.1016/S0885-2014(01)00037-5

Charman, T., Carroll, F., & Sturge, C. (2001). Theory of mind, executive function and social competence in boys with ADHD. *Emotional and Behavioural Difficulties*, *6*(1), 31–49. https://doi.org/10.1080/13632750100507654

Charman, T., Swettenham, J., Baron-Cohen, S., Cox, A., Baird, G., & Drew, A. (1997). Infants with autism: An investigation of empathy, pretend play, joint attention, and imitation. *Developmental Psychology*, *33*(5), 781–789. https://doi.org/10.1037/0012-1649.33.5.781

Choi, W.-S., Woo, Y. S., Wang, S.-M., Lim, H. K., & Bahk, W.-M. (2022). The prevalence of psychiatric comorbidities in adult ADHD compared with non-ADHD populations: A systematic literature review. *PLOS ONE*, *17*(11), e0277175. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0277175

Christe, G. (2017). Validité d'un test diagnostique : Utilité clinique de la sensibilité, spécificité et rapports de vraisemblance. *Mains Libres*.

Christidi, F., Migliaccio, R., Santamaría-García, H., Santangelo, G., & Trojsi, F. (2018). Social Cognition Dysfunctions in Neurodegenerative Diseases: Neuroanatomical Correlates and Clinical Implications. *Behavioural Neurology*, *2018*, e1849794. https://doi.org/10.1155/2018/1849794

Çiray, R. O., Özyurt, G., Turan, S., Karagöz, E., Ermiş, Ç., Öztürk, Y., & Akay, A. (2022). The association between pragmatic language impairment, social cognition and emotion regulation skills in adolescents with ADHD. *Nordic Journal of Psychiatry*, *76*(2), 89–95. https://doi.org/10.1080/08039488.2021.1938211

Coghill, D. R., Seth, S., & Matthews, K. (2014). A comprehensive assessment of memory, delay aversion, timing, inhibition, decision making and variability in attention deficit hyperactivity disorder: Advancing beyond the three-pathway models. *Psychological Medicine*, *44*(9), 1989–2001. https://doi.org/10.1017/S0033291713002547

Colombo, F., Amieva, H., Lecerf, T., & Verdon, V. (2016). La norme en neuropsychologie, un concept à facettes multiples. *Revue de neuropsychologie*, *8*(1), 61–69. https://doi.org/10.1684/nrp.2016.0365

Colonnesi, C., Rieffe, C., Koops, W., & Perucchini, P. (2008). Precursors of a theory of mind: A longitudinal study. *British Journal of Developmental Psychology*, *26*(4), 561–577. https://doi.org/10.1348/026151008X285660

Conein, B. (1998). Les sens sociaux : Coordination de l'attention et interaction sociale. *Intellectica*, *26*(1), 181–202. https://doi.org/10.3406/intel.1998.1576

Conners, C. K. (1997). *Conners' Rating Scales–Revised: CRS-R*. Multi-Health Systems.

Conners, C. K. (2008). *Conners—Third edition*. Multi-Health Systems Inc. https://www.pearsonclinical.ca/store/caassessments/en/Store/Professional-Assessments/Behavior/Interventions/Conners%E2%80%94Troisi%C3%A8me-%C3%A9dition/p/P100008373.html

Conners, C. K. (2014). *CPT-III - Conners Continuous Performance Test* (3rd ed.). Multi-Health Systems.

Corbett, B., & Glidden, H. (2000). Processing Affective Stimuli in Children with Attention-Deficit Hyperactivity Disorder. *Child Neuropsychology*, *6*(2), 144–155. https://doi.org/10.1076/chin.6.2.144.7056

Corbetta, M., & Shulman, G. L. (2002). Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain. *Nature Reviews Neuroscience*, *3*(3), 201–215. https://doi.org/10.1038/nrn755

Coricelli, G. (2005). Two-levels of mental states attribution: From automaticity to voluntariness. *Neuropsychologia*, *43*(2), 294–300. https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2004.11.015

Crick, N. R., & Dodge, K. A. (1994). A review and reformulation of social information-processing mechanisms in children's social adjustment. *Psychological Bulletin*, *115*(1), 74–101. https://doi.org/10.1037/0033-2909.115.1.74

Cronbach, L. J., & Meehl, P. E. (1955). Construct validity in psychological tests. *Psychological Bulletin*, *52*(4), 281. https://doi.org/10.1037/h0040957

Da Fonseca, D., Seguier, V., Santos, A., Poinso, F., & Deruelle, C. (2009). Emotion Understanding in Children with ADHD. *Child Psychiatry and Human Development*, *40*(1), 111–121. https://doi.org/10.1007/s10578-008-0114-9

D'Agostino, R. B., & Weintraub, M. (1995). Meta-analysis: A method for synthesizing research. *Clinical Pharmacology & Therapeutics*, *58*(6), 605–616. https://doi.org/10.1016/0009-9236(95)90016-0

Dalmaso, M., Galfano, G., Tarqui, L., Forti, B., & Castelli, L. (2013). Is social attention impaired in schizophrenia? Gaze, but not pointing gestures, is associated with spatial attention deficits. *Neuropsychology*, *27*(5), 608–613. https://doi.org/10.1037/a0033518

Daum, M. M., Ulber, J., & Gredebäck, G. (2013). The development of pointing perception in infancy: Effects of communicative signals on covert shifts of attention. *Developmental Psychology*, *49*(10), 1898–1908. https://doi.org/10.1037/a0031111

Davidovitch, M., Levit-Binnun, N., Golan, D., & Manning-Courtney, P. (2015). Late diagnosis of autism spectrum disorder after initial negative assessment by a multidisciplinary team. *Journal of Developmental & Behavioral Pediatrics*, *36*(4), 227–234. https://doi.org/10.1097/dbp.0000000000000133

Davis, M. H. (1983). Measuring individual differences in empathy: Evidence for a multidimensional approach. *Journal of Personality and Social Psychology*, *44*(1), 113–126. https://doi.org/10.1037/0022-3514.44.1.113

De Vignemont, F., & Singer, T. (2006). The empathic brain: How, when and why? *Trends in Cognitive Sciences*, *10*(10), 435–441. https://doi.org/10.1016/j.tics.2006.08.008

Deaner, R. O., Shepherd, S. V., & Platt, M. L. (2006). Familiarity accentuates gaze cuing in women but not men. *Biology Letters*, *3*(1), 65–68. https://doi.org/10.1098/rsbl.2006.0564

Decety, J., & Jackson, P. (2004). The Functional Architecture of Human Empathy. *Behavioral and Cognitive Neuroscience Reviews*, *3*(2), 71–100. https://doi.org/10.1177/1534582304267187

Dellapiazza, F., Audras-Torrent, L., Michelon, C., & Baghdadli, A. (2021). Clinical characteristics of children with ASD and comorbid ADHD: Association with social impairment and externalizing and internalizing behaviours. *Research in Developmental Disabilities*, *113*, 103930. https://doi.org/10.1016/j.ridd.2021.103930

Demirci, E., & Erdogan, A. (2016). Is emotion recognition the only problem in ADHD? Effects of pharmacotherapy on face and emotion recognition in children with ADHD. *ADHD Attention Deficit and Hyperactivity Disorders*, *8*(4), 197–204. https://doi.org/10.1007/s12402-016-0201-x

Demirci, E., Ozmen, S., Kilic, E., & Oztop, D. B. (2016). The relationship between aggression, empathy skills and serum oxytocin levels in male children and adolescents with attention deficit and hyperactivity disorder. *Behavioural Pharmacology*, *27*(8), 681–688. https://doi.org/10.1097/FBP.0000000000000234

Demurie, E., De Corel, M., & Roeyers, H. (2011). Empathic accuracy in adolescents with autism spectrum disorders and adolescents with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Research in Autism Spectrum Disorders*, *5*(1), 126–134. https://doi.org/10.1016/j.rasd.2010.03.002

Derntl, B., Finkelmeyer, A., Eickhoff, S., Kellermann, T., Falkenberg, D. I., Schneider, F., & Habel, U. (2010). Multidimensional assessment of empathic abilities: Neural correlates and gender differences. *Psychoneuroendocrinology*, *35*(1), 67–82. https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2009.10.006.

Deschamps, P. K. H., Schutter, D. J. L. G., Kenemans, J. L., & Matthys, W. (2015). Empathy and prosocial behavior in response to sadness and distress in 6- to 7-year olds diagnosed with disruptive behavior disorder and attention-deficit hyperactivity disorder. *European*

Child & Adolescent Psychiatry, *24*(1), 105–113. https://doi.org/10.1007/s00787-014-0535-x

Desgranges, B., Laisney, M., Bon, L., Duval, C., Mondou, A., Bejanin, A., Fliss, R., Beaunieux, H., Eustache, F., & Muckle, G. (2012). TOM-15 : Une épreuve de fausses croyances pour évaluer la théorie de l'esprit cognitive. *Revue de neuropsychologie*, *4*(3), 216–220. https://doi.org/10.1684/nrp.2012.0232

Diamond, A. (2013). Executive Functions. *Annual Review of Psychology*, *64*(1), 135–168. https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750

Dieu, A. (2021). *L'Evidence-Based Assessment en neuropsychologie clinique francophone : Revue des qualités psychométriques des outils d'évaluation et méta-analyse des indices de fidélité test-retest* [mémoire de maîtrise inédit]. Université de Liège. https://matheo.uliege.be/handle/2268.2/13441

Doernberg, E., & Hollander, E. (2016). Neurodevelopmental disorders (asd and adhd): Dsm-5, icd-10, and icd-11. *CNS Spectrums*, *21*(4), 295–299. https://doi.org/10.1017/S1092852916000262

Downs, A., & Smith, T. (2004). Emotional Understanding, Cooperation, and Social Behavior in High-Functioning Children with Autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *34*(6), 625–635. https://doi.org/10.1007/s10803-004-5284-0

Driver, J., Davis, G., Ricciardelli, P., Kidd, P., Maxwell, E., & Baron-Cohen, S. (1999). Gaze Perception Triggers Reflexive Visuospatial Orienting. *Visual Cognition*, *6*(5), 509–540. https://doi.org/10.1080/135062899394920

DuPaul, G. J., & Langberg, J. M. (2015). Educational impairments in children with ADHD. In R. A. Barkley (Ed.), *Attention-deficit hyperactivity disorder: A handbook for diagnosis and treatment, 4th ed* (pp. 169–190). The Guilford Press.

Duval, C., Piolino, P., Bejanin, A., Laisney, M., Eustache, F., & Desgranges, B. (2011). La théorie de l'esprit : Aspects conceptuels, évaluation et effets de l'âge. *Revue de neuropsychologie*, *3*(1), 41–51. https://doi.org/10.1684/nrp.2011.0168

Dyck, M. J., Ferguson, K., & Shochet, I. M. (2001). Do autism spectrum disorders differ from each other and from non-spectrum disorders on emotion recognition tests? *European Child & Adolescent Psychiatry*, *10*(2), 105–116. https://doi.org/10.1007/s007870170033

Dziobek, I., Preißler, S., Grozdanovic, Z., Heuser, I., Heekeren, H. R., & Roepke, S. (2011). Neuronal correlates of altered empathy and social cognition in borderline personality disorder. *NeuroImage*, *57*(2), 539–548. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.05.005

Eapen, V., & Črnčec, R. (2014). DSM 5 and child psychiatric disorders: What is new? What has changed? *Asian Journal of Psychiatry*, *11*, 114–118. https://doi.org/10.1016/j.ajp.2014.04.008

Easterbrook, P. J., Gopalan, R., Berlin, J. A., & Matthews, D. R. (1991). Publication bias in clinical research. *The Lancet*, *337*(8746), 867–872. https://doi.org/10.1016/0140-6736(91)90201-Y

Egger, M., Smith, G. D., Schneider, M., & Minder, C. (1997). Bias in meta-analysis detected by a simple, graphical test. *Bmj*, *315*(7109), 629–634. https://doi.org/10.1136/bmj.315.7109.629

Eide, P., Kemp, A., Silberstein, R. B., Nathan, P. J., & Stough, C. (2002). Test-Retest Reliability of the Emotional Stroop Task: Examining the Paradox of Measurement Change. *The Journal of Psychology*, *136*(5), 514–520. https://doi.org/10.1080/00223980209605547

Eimer, M. (1997). Uninformative symbolic cues may bias visual-spatial attention: Behavioral and electrophysiological evidence. *Biological Psychology*, *46*(1), 67–71. https://doi.org/10.1016/S0301-0511(97)05254-X

Emery, N. J. (2000). The eyes have it: The neuroethology, function and evolution of social gaze. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *24*(6), 581–604. https://doi.org/10.1016/S0149-7634(00)00025-7

Erez, A., Bloom, M. C., & Wells, M. T. (1996). Using random rather than fixed effects models in meta-analysis: Implications for situational specificity and validity generalization. *Personnel Psychology*, *49*(2), 275–306. https://doi.org/10.1111/j.1744-6570.1996.tb01801.x

Eriksen, B. A., & Eriksen, C. W. (1974). Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a nonsearch task. *Perception & Psychophysics*, *16*(1), 143–149. https://doi.org/10.3758/BF03203267

Eslinger, P. J., Flaherty-Craig, C. V., & Benton, A. L. (2004). Developmental outcomes after early prefrontal cortex damage. *Brain and Cognition*, *55*(1), 84–103. https://doi.org/10.1016/S0278-2626(03)00281-1

Etchepare, A., Merceron, K., Amieva, H., Cady, F., Roux, S., & Prouteau, A. (2014). Évaluer la cognition sociale chez l'adulte : Validation préliminaire du Protocole d'évaluation de la cognition sociale de Bordeaux (PECS-B). *Revue de neuropsychologie*, *6*(2), 138–149. https://doi.org/10.1684/nrp.2014.0301

Etchepare, A., Roux, S., Destaillats, J.-M., Cady, F., Fontanier, D., Couhet, G., & Prouteau, A. (2020). Éléments de validation du Protocole d'Évaluation de la Cognition Sociale de Bordeaux (PECS-B) en population générale et dans la schizophrénie. *Annales Médico-psychologiques, revue psychiatrique*, *178*(2), 130–136. https://doi.org/10.1016/j.amp.2018.06.011

Ewe, L. P. (2019). ADHD symptoms and the teacher–student relationship: A systematic literature review. *Emotional and Behavioural Difficulties*, *24*(2), 136–155. https://doi.org/10.1080/13632752.2019.1597562

Fabbri-Destro, M., & Rizzolatti, G. (2008). Mirror Neurons and Mirror Systems in Monkeys and Humans. *Physiology*, *23*(3), 171–179. https://doi.org/10.1152/physiol.00004.2008

Fair, D. A., Bathula, D., Nikolas, M. A., & Nigg, J. T. (2012). Distinct neuropsychological subgroups in typically developing youth inform heterogeneity in children with ADHD. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *109*(17), 6769–6774. https://doi.org/10.1073/pnas.1115365109

Faraone, S., Sergeant, J., Gillbert, C., & Biederman, J. (2003). The worldwide prevalence of ADHD: Is it an American condition? *World Psychiatry*, *2*(2), 104–113.

Farroni, T., Csibra, G., Simion, F., & Johnson, M. H. (2002). Eye contact detection in humans from birth. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *99*(14), 9602–9605. https://doi.org/10.1073 pnas.152159999

Farroni, T., Johnson, M. H., Brockbank, M., & Simion, F. (2000). Infants' use of gaze direction to cue attention: The importance of perceived motion. *Visual Cognition*, *7*(6), 705–718. https://doi.org/10.1080/13506280050144399

Farroni, T., Massaccesi, S., Pividori, D., & Johnson, M. H. (2004). Gaze following in newborns. *Infancy*, *5*(1), 39–60. https://doi.org/10.1207/s15327078in0501_2

Fassbender, C., Zhang, H., Buzy, W. M., Cortes, C. R., Mizuiri, D., Beckett, L., & Schweitzer, J. B. (2009). A lack of default network suppression is linked to increased distractibility in ADHD. *Brain Research*, *1273*, 114–128. https://doi.org/10.1016/j.brainres.2009.02.070

Fernandes, J. M., Cajão, R., Lopes, R., Jerónimo, R., & Barahona-Corrêa, J. B. (2018). Social Cognition in Schizophrenia and Autism Spectrum Disorders: A Systematic Review and Meta-Analysis of Direct Comparisons. *Frontiers in Psychiatry*, *9*. https://doi.org/10.3389/fpsyt.2018.00504

Fernández, M., Mollinedo-Gajate, I., & Peñagarikano, O. (2018). Neural Circuits for Social Cognition: Implications for Autism. *Neuroscience*, *370*, 148–162. https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2017.07.013

Field, T. M., Woodson, R., Greenberg, R., & Cohen, D. (1982). Discrimination and Imitation of Facial Expressions by Neonates. *Science*, *218*(4568), 179–181. https://doi.org/10.1126/science.7123230

Fine, C., Lumsden, J., & Blair, R. J. R. (2001). Dissociation between `theory of mind' and executive functions in a patient with early left amygdala damage. *Brain*, *124*(2), 287–298. https://doi.org/10.1093/brain/124.2.287

Fischer, M. H., & Szymkowiak, A. (2004). Joint attention for pointing but not grasping postures. *Cortex: A Journal Devoted to the Study of the Nervous System and Behavior*, *40*(1), 168–170. https://doi.org/10.1016/S0010-9452(08)70937-7

Fiske, S. T., & Taylor, S. E. (2011). *Cognition sociale. Des neurones à la culture*. Mardaga.

Fliss, R., & Besnard, J. (2012). Théorie de l'esprit et démences. Dans P. Allain, G. Aubin, & D. Le Gall (Dir.), *Cognition sociale et neuropsychologie* (p. 65–85). Solal.

Friesen, C. K., & Kingstone, A. (1998). The eyes have it! Reflexive orienting is triggered by nonpredictive gaze. *Psychonomic Bulletin & Review*, *5*(3), 490–495. https://doi.org/10.3758/BF03208827

Friesen, C. K., Ristic, J., & Kingstone, A. (2004). Attentional Effects of Counterpredictive Gaze and Arrow Cues. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *30*(2), 319–329. https://doi.org/10.1037/0096-1523.30.2.319

Frischen, A., Bayliss, A. P., & Tipper, S. P. (2007). Gaze Cueing of Attention. *Psychological Bulletin*, *133*(4), 694–724. https://doi.org/10.1037/0033-2909.133.4.694

Frith, C. D., & Frith, U. (2006). The Neural Basis of Mentalizing. *Neuron*, *50*(4), 531–534. https://doi.org/10.1016/j.neuron.2006.05.001

Frith, U., Happé, F., & Siddons, F. (1994). Autism and theory of mind in everyday life. *Social Development*, *3*(2), 108–124. https://doi.org/10.1111/j.1467-9507.1994.tb00031.x

Galfano, G., Dalmaso, M., Marzoli, D., Pavan, G., Coricelli, C., & Castelli, L. (2012). Eye gaze cannot be ignored (but neither can arrows). *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *65*(10), 1895–1910. https://doi.org/10.1080/17470218.2012.663765

Gallagher, H. L., & Frith, C. D. (2003). Functional imaging of 'theory of mind'. *Trends in Cognitive Sciences*, *7*(2), 77–83. https://doi.org/10.1016/S1364-6613(02)00025-6

Gallese, V., Fadiga, L., Fogassi, L., & Rizzolatti, G. (1996). Action recognition in the premotor cortex. *Brain*, *119*(2), 593–609. https://doi.org/10.1093/brain/119.2.593

Garaigordobil, M. (2009). A comparative analysis of empathy in childhood and adolescence: Gender differences and associated socio-emotional variables. *International Journal of Psychology and Psychological Therapy*, *9*(2), 217–235.

Gardner, D. M., & Gerdes, A. C. (2015). A Review of Peer Relationships and Friendships in Youth With ADHD. *Journal of Attention Disorders*, *19*(10), 844–855. https://doi.org/10.1177/1087054713501552

George, N., & Conty, L. (2008). Facing the gaze of others. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology*, *38*(3), 197–207. https://doi.org/10.1016/j.neucli.2008.03.001

Gioia, G. A., Isquith, P. K., Guy, S. C., & Kenworthy, L. (2000). *Behavior rating inventory of executive function: BRIEF*. Psychological Assessment Resources.

Goffman, E. (1961). *Encounters: Two Studies in the Sociology of Interaction*. MacMillan.

Goldberg, M. C., Mostow, A. J., Vecera, S. P., Larson, J. C. G., Mostofsky, S. H., Mahone, E. M., & Denckla, M. B. (2008). Evidence for Impairments in Using Static Line Drawings of Eye Gaze Cues to Orient Visual-Spatial Attention in Children with High Functioning Autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *38*(8), 1405–1413. https://doi.org/10.1007/s10803-007-0506-x

Goodman, R., Meltzer, H., & Bailey, V. (1998). The Strengths and Difficulties Questionnaire: A pilot study on the validity of the self-report version. *European Child & Adolescent Psychiatry*, *7*(3), 125–130. https://doi.org/10.1007/s007870050057

Goodman, R., Meltzer, H., & Bailey, V. (2003). The Strengths and Difficulties Questionnaire: A pilot study on the validity of the self-report version. *International Review of Psychiatry*, *15*(1–2), 173–177. https://doi.org/10.1080/0954026021000046137

Gosling, C. J., Cortese, S., Solmi, M., Haza, B., Vieta, E., Delorme, R., & Radua, J. (2023). *An R Package and Web-app Dedicated to Automated Effect Size Calculation. R package version 1.0.0*. https://cran.r-project.org/web/packages/metaConvert

Gosselin, P., Roberge, P., & Lavallée, M.-F. (1995). Le développement de la reconnaissance des expressions faciales émotionnelles du répertoire humain. *Enfance*, *48*(4), 379–396. https://doi.org/10.3406/enfan.1995.2144

Goursaud, A.-P. S., & Bachevalier, J. (2007). Social attachment in juvenile monkeys with neonatal lesion of the hippocampus, amygdala and orbital frontal cortex. *Behavioural Brain Research*, *176*(1), 75–93. https://doi.org/10.1016/j.bbr.2006.09.020

Graziano, P. A., & Garcia, A. (2016). Attention-deficit hyperactivity disorder and children's emotion dysregulation: A meta-analysis. *Clinical Psychology Review*, *46*, 106–123. https://doi.org/10.1016/j.cpr.2016.04.011

Greenbaum, R. L., Stevens, S. A., Nash, K., Koren, G., & Rovet, J. (2009). Social cognitive and emotion processing abilities of children with fetal alcohol spectrum disorders: A comparison with attention deficit hyperactivity disorder. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research*, *33*(10), 1656–1670. https://doi.org/10.1111/j.1530-0277.2009.01003.x

Greene, R. W., Biederman, J., Faraone, S. V., Sienna, M., & Garcia-Jetton, J. (1997). Adolescent outcome of boys with attention-deficit/hyperactivity disorder and social disability: Results from a 4-year longitudinal follow-up study. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, *65*(5), 758–767. https://doi.org/10.1037/0022-006X.65.5.758

Gregory, N. J., Hermens, F., Facey, R., & Hodgson, T. L. (2016). The developmental trajectory of attentional orienting to socio-biological cues. *Experimental Brain Research*, *234*(6), 1351–1362. https://doi.org/10.1007/s00221-016-4627-3

Gregory, N. J., & Hodgson, T. L. (2012). Giving subjects the eye and showing them the finger: Socio-biological cues and saccade generation in the anti-saccade task. *Perception*, *41*(2), 131–147. https://doi.org/10.1068/p7085

Gresham, F. M., & Elliot, S. N. (1990). *Social skills rating system manual*. American Guidance Service.

Grèzes, J., Costes, N., & Decety, J. (1999). The effects of learning and intention on the neural network involved in the perception of meaningless actions. *Brain*, *122*(10), 1875–1887. https://doi.org/10.1093/brain/122.10.1875

Griffiths, K. R., Quintana, D. S., Hermens, D. F., Spooner, C., Tsang, T. W., Clarke, S., & Kohn, M. R. (2017). Sustained attention and heart rate variability in children and adolescents with ADHD. *Biological Psychology*, *124*, 11–20. https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2017.01.004

Groom, M. J., Kochhar, P., Hamilton, A., Liddle, E. B., Simeou, M., & Hollis, C. (2017). Atypical Processing of Gaze Cues and Faces Explains Comorbidity between Autism Spectrum Disorder (ASD) and Attention Deficit/Hyperactivity Disorder (ADHD). *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *47*(5), 1496–1509. https://doi.org/10.1007/s10803-017-3078-4

Gumustas, F., Yilmaz, I., Yulaf, Y., Gokce, S., & Sabuncuoglu, O. (2017). Empathy and Facial Expression Recognition in Children With and Without Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: Effects of Stimulant Medication on Empathic Skills in Children with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *Journal of Child and Adolescent Psychopharmacology*, *27*(5), 433–439. https://doi.org/10.1089/cap.2016.0052

Günay Ay, M., & Kılıç, B. G. (2019). Factors Associated with Empathy Among Adolescents with Attention Deficit Hyperactivity Disorder. *Turk Psikiyatri Dergisi = Turkish Journal of Psychiatry*, *30*(4), 260–267. https://doi.org/10.5080/u23398

Gunther Moor, B., Op De Macks, Z. A., Güroğlu, B., Rombouts, S. A. R. B., Van Der Molen, M. W., & Crone, E. A. (2012). Neurodevelopmental changes of reading the mind in the eyes. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, *7*(1), 44–52. https://doi.org/10.1093/scan/nsr020

Guo, J., Luo, X., Wang, E., Li, B., Chang, Q., Sun, L., & Song, Y. (2019). Abnormal alpha modulation in response to human eye gaze predicts inattention severity in children with

ADHD. *Developmental Cognitive Neuroscience*, *38*, 100671. https://doi.org/10.1016/j.dcn.2019.100671

Hall, C. W., Peterson, A. D., Webster, R. E., Bolen, L. M., & Brown, M. B. (1999). Perception of nonverbal social cues by regular education, ADHD, and ADHD/LD students. *Psychology in the Schools*, *36*(6), 505–514. https://doi.org/10.1002/(SICI)1520-6807(199911)36:6<505::AID-PITS6>3.0.CO;2-9

Hall, J. A. (1978). Gender effects in decoding nonverbal cues. *Psychological Bulletin*, *85*(4), 845–857. https://doi.org/10.1037/0033-2909.85.4.845

Happé, F., & Conway, J. R. (2016). Recent progress in understanding skills and impairments in social cognition. *Current Opinion in Pediatrics*, *28*(6), 736–742. https://doi.org/10.1097/MOP.0000000000000417

Happé, F., Cook, J. L., & Bird, G. (2017). The Structure of Social Cognition: In(ter)dependence of Sociocognitive Processes. *Annual Review of Psychology*, *68*(1), 243–267. https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010416-044046

Happé, F., & Frith, U. (2014). Annual Research Review: Towards a developmental neuroscience of atypical social cognition. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *55*(6), 553–577. https://doi.org/10.1111/jcpp.12162

Happé, F. (1994). An advanced test of theory of mind: Understanding of story characters' thoughts and feelings by able autistic, mentally handicapped, and normal children and adults. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *24*(2), 129–154. https://doi.org/10.1007/BF02172093

Harpin, V. A. (2005). The effect of ADHD on the life of an individual, their family, and community from preschool to adult life. *Archives of Disease in Childhood*, *90*(Suppl 1), i2–i7. https://doi.org/10.1136/adc.2004.059006

Haute Autorité de Santé. (2014). *Recommandations—Conduite à tenir en médecine de premier recours devant un enfant ou un adolescent susceptible d'avoir un trouble déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité* (HAS). Saint-Denis : La Plaine. https://www.has-sante.fr/jcms/c_1362146/fr/conduite-a-tenir-en-medecine-de-premier-recours-devant-un-enfant-ou-un-adolescent-susceptible-d-avoir-un-trouble-deficit-de-l-attention-avec-ou-sans-hyperactivite

Hayward, D. A., & Ristic, J. (2017). Feature and motion-based gaze cuing is linked with reduced social competence. *Scientific Reports*, *7*(1), 44221. https://doi.org/10.1038/srep44221

Haza, B., Conty, L., & Pinabiaux, C. (2023). *Detecting impairments in social cues following in children with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: Validation of a neuropsychological tool* [manuscript in preparation]. Department of Psychology, Paris Nanterre University.

Haza, B., Gosling, C. J., Ciminaghi, F., Conty, L., & Pinabiaux, C. (2023). *Social Cognition and Everyday Social Skills in Children and Adolescents with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: A Meta-Analysis of Case-Control Studies* [manuscript submitted for publication]. Department of Psychology, Paris Nanterre University.

Haza, B., Mersali, J., Pinabiaux, C., & Conty, L. (2023). *A new tool for evaluating the ability to follow social cues in neuropsychological disorders: Normative data for children 6 to 10 years old* [manuscript in preparation]. Department of Psychology, Paris Nanterre University.

Heider, F. (1967). On social cognition. *American Psychologist*, *22*(1), 25–31. https://doi.org/10.1037/h0024299

Heider, F., & Simmel, M. (1944). An experimental study of apparent behavior. *The American Journal of Psychology*, *57*(2), 243–259. https://doi.org/10.2307/1416950

Henry, J. D., von Hippel, W., Molenberghs, P., Lee, T., & Sachdev, P. S. (2016). Clinical assessment of social cognitive function in neurological disorders. *Nature Reviews Neurology*, *12*(1), 28–39. https://doi.org/10.1038/nrneurol.2015.229

Herba, C., & Phillips, M. (2004). Annotation: Development of facial expression recognition from childhood to adolescence: behavioural and neurological perspectives. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *45*(7), 1185–1198. https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2004.00316.x

Hermens, F., Bindemann, M., & Mike Burton, A. (2017). Responding to social and symbolic extrafoveal cues: Cue shape trumps biological relevance. *Psychological Research*, *81*(1), 24–42. https://doi.org/10.1007/s00426-015-0733-2

Hickok, G. (2009). Eight Problems for the Mirror Neuron Theory of Action Understanding in Monkeys and Humans. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *21*(7), 1229–1243. https://doi.org/10.1162/jocn.2009.21189

Hietanen, J. K., Nummenmaa, L., Nyman, M. J., Parkkola, R., & Hämäläinen, H. (2006). Automatic attention orienting by social and symbolic cues activates different neural networks: An fMRI study. *Neuroimage*, *33*(1), 406–413. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2006.06.048

Higgins, J. P. (2011). *Cochrane handbook for systematic reviews of interventions. Version 5.1. 0 [updated March 2011]*. The Cochrane Collaboration. http://www.cochrane-handbook.org

Higgins, J. P. T., Davey Smith, G., Altman, D. G., & Egger, M. (2022). Principles of Systematic Reviewing. *Systematic Reviews in Health Research*, 17–35. https://doi.org/10.1002/9781119099369.ch2

Higgins, J. P. T., Thompson, S. G., Deeks, J. J., & Altman, D. G. (2003). Measuring inconsistency in meta-analyses. *BMJ: British Medical Journal*, *327*(7414), 557–560. https://doi.org/10.1136/bmj.327.7414.557

Hinshaw, S. P. (2002). Preadolescent girls with attention-deficit/hyperactivity disorder: I. Background characteristics, comorbidity, cognitive and social functioning, and parenting practices. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, *70*(5), 1086–1098. https://doi.org/10.1037/0022-006X.70.5.1086

Hodgens, J. B., Cole, J., & Boldizar, J. (2000). Peer-Based Differences Among Boys With ADHD. *Journal of Clinical Child Psychology*, *29*(3), 443–452. https://doi.org/10.1207/S15374424JCCP2903_15

Hoffman, E. A., & Haxby, J. V. (2000). Distinct representations of eye gaze and identity in the distributed human neural system for face perception. *Nature Neuroscience*, *3*(1), 80–84. https://doi.org/10.1038/71152

Hoffman, M. L. (2008). Empathy and prosocial behavior. In M. Lewis, J. M. Haviland-Jones, & L. F. Barrett (Eds.), *Handbook of emotions* (pp. 440–455). The Guilford Press.

Holopainen, A., de Veld, D. M. J., Hoddenbach, E., & Begeer, S. (2019). Does Theory of Mind Training Enhance Empathy in Autism? *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *49*(10), 3965–3972. https://doi.org/10.1007/s10803-018-3671-1

Hood, B. M., Willen, J. D., & Driver, J. (1998). Adult's Eyes Trigger Shifts of Visual Attention in Human Infants. *Psychological Science*, *9*(2), 131–134. https://doi.org/10.1111/1467-9280.00024

Hooker, C. I., Paller, K. A., Gitelman, D. R., Parrish, T. B., Mesulam, M.-M., & Reber, P. J. (2003). Brain networks for analyzing eye gaze. *Cognitive Brain Research*, *17*(2), 406–418. https://doi.org/10.1016/S0926-6410(03)00143-5

Houillon, J.-C., & Vanwalleghem, S. (2017). Les tests et outils psychométriques. Dans R. Miljkovitch, F. Morange-Majoux, & E. Sander (Dir.), *Psychologie du développement*. Elsevier Health Sciences.

Howieson, D. (2019). Current limitations of neuropsychological tests and assessment procedures. *The Clinical Neuropsychologist*, *33*(2), 200–208. https://doi.org/10.1080/13854046.2018.1552762

Hoza, B. (2007). Peer Functioning in Children With ADHD. *Journal of Pediatric Psychology*, *32*(6), 655–663. https://doi.org/10.1093/jpepsy/jsm024

Hoza, B., Mrug, S., Gerdes, A. C., Hinshaw, S. P., Bukowski, W. M., Gold, J. A., Kraemer, H. C., Pelham Jr., W. E., Wigal, T., & Arnold, L. E. (2005). What Aspects of Peer Relationships Are Impaired in Children With Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder? *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, *73*(3), 411–423. https://doi.org/10.1037/0022-006X.73.3.411

Huang-Pollock, C. L., & Nigg, J. T. (2003). Searching for the attention deficit in attention deficit hyperactivity disorder: The case of visuospatial orienting. *Clinical Psychology Review*, *23*(6), 801–830. https://doi.org/10.1016/S0272-7358(03)00073-4

Hughes, C., & Ensor, R. (2007). Executive function and theory of mind: Predictive relations from ages 2 to 4. *Developmental Psychology*, *43*(6), 1447–1459. https://doi.org/10.1037/0012-1649.43.6.1447

INSEE. (2020). *Niveau d'éducation de la population − France, portrait social | Insee*. https://www.insee.fr/fr/statistiques/4797586?sommaire=4928952

Insel, T., Cuthbert, B., Garvey, M., Heinssen, R., Pine, D. S., Quinn, K., Sanislow, C., & Wang, P. (2010). Research Domain Criteria (RDoC): Toward a New Classification Framework for Research on Mental Disorders. *American Journal of Psychiatry*, *167*(7), 748–751. https://doi.org/10.1176/appi.ajp.2010.09091379

Izard, C., Fine, S., Schultz, D., Mostow, A., Ackerman, B., & Youngstrom, E. (2001). Emotion knowledge as a predictor of social behavior and academic competence in children at risk. *Psychological Science*, *12*(1), 18–23. https://doi.org/10.1111/1467-9280.003

Jellema, T., & Perrett, D. I. (2005). Neural basis for the perception of goal-directed actions. In A. Easton & N. J. Emery (Eds.), *The Cognitive Neuroscience of Social Behaviour*. Psychology Press.

Jensen, P. S., Hinshaw, S. P., Kraemer, H. C., Lenora, N., Newcorn, J. H., Abikoff, H. B., March, J. S., Arnold, L. E., Cantwell, D. P., Conners, C. K., Elliott, G. R., Greenhill, L. L., Hechtman, L., Hoza, B., Pelham, W. E., Severe, J. B., Swanson, J. M., Wells, K. C., Wigal, T., & Vitiello, B. (2001). ADHD Comorbidity Findings From the MTA Study: Comparing Comorbid Subgroups. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, *40*(2), 147–158. https://doi.org/10.1097/00004583-200102000-00009

Jones, W., Carr, K., & Klin, A. (2008). Absence of Preferential Looking to the Eyes of Approaching Adults Predicts Level of Social Disability in 2-Year-Old Toddlers With Autism Spectrum Disorder. *Archives of General Psychiatry*, *65*(8), 946–954. https://doi.org/10.1001/archpsyc.65.8.946

Jones, W., & Klin, A. (2013). Attention to eyes is present but in decline in 2–6-month-old infants later diagnosed with autism. *Nature*, *504*, 427–431. https://doi.org/10.1038/nature12715

Kaplan, R. M., & Saccuzzo, D. P. (2012). *Psychological testing: Principles, applications, and issues* (8th ed.). Cengage Learning.

Kasparek, T., Theiner, P., & Filova, A. (2015). Neurobiology of ADHD From Childhood to Adulthood: Findings of Imaging Methods. *Journal of Attention Disorders*, *19*(11), 931–943. https://doi.org/10.1177/1087054713505322

Kats-Gold, I., Besser, A., & Priel, B. (2007). The Role of Simple Emotion Recognition Skills among School Aged Boys at Risk of ADHD. *Journal of Abnormal Child Psychology*, *35*, 363–378. https://doi.org/10.1007/s10802-006-9096-x

Kaufman, J., Birmaher, B., Brent, D., Rao, U. M. A., Flynn, C., Moreci, P., Williamson, D., & Ryan, N. (1997). Schedule for affective disorders and schizophrenia for school-age children-present and lifetime version (K-SADS-PL): Initial reliability and validity data. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, *36*(7), 980–988. https://doi.org/10.1097/00004583-199707000-0002

Kelley, T. L. (1942). The reliability coefficient. *Psychometrika*, *7*(2), 75–83. https://doi.org/10.1007/BF02288068

Kennedy, D. P., & Adolphs, R. (2012). The social brain in psychiatric and neurological disorders. *Trends in Cognitive Sciences*, *16*(11), 559–572. https://doi.org/10.1016/j.tics.2012.09.006

Kim, E. J., Bahk, Y.-C., Oh, H., Lee, W.-H., Lee, J.-S., & Choi, K.-H. (2018). Current Status of Cognitive Remediation for Psychiatric Disorders: A Review. *Frontiers in Psychiatry*, *9*. https://doi.org/10.3389/fpsyt.2018.00461

Kirov, R., & Brand, S. (2014). Sleep problems and their effect in ADHD. *Expert Review of Neurotherapeutics*, *14*(3), 287–299. https://doi.org/10.1586/14737175.2014.885382

Klorman, R. (1991). Cognitive Event-Related Potentials in Attention Deficit Disorder. *Journal of Learning Disabilities*, *24*(3), 130–140. https://doi.org/10.1177/002221949102400301

Kochhar, P., Batty, M. J., Liddle, E. B., Groom, M. J., Scerif, G., Liddle, P. F., & Hollis, C. P. (2011). Autistic spectrum disorder traits in children with attention deficit hyperactivity disorder. *Child: Care, Health and Development*, *37*(1), 103–110. https://doi.org/10.1111/j.1365-2214.2010.01123.x

Kofler, M. J., Rapport, M. D., Sarver, D. E., Raiker, J. S., Orban, S. A., Friedman, L. M., & Kolomeyer, E. G. (2013). Reaction time variability in ADHD: A meta-analytic review of 319 studies. *Clinical Psychology Review*, *33*(6), 795–811. https://doi.org/10.1016/j.cpr.2013.06.001

Korkman, M. (1998). *NEPSY. A developmental neuropsychological assessment* (1st ed.). Psychological Corporation.

Korkman, M., Kirk, U., & Kemps, S. (2012). NEPSY-II : Bilan neuropsychologique chez l'enfant (2e éd.). Pearson.

Kornak, J., Fields, J., Kremers, W., Farmer, S., Heuer, H. W., Forsberg, L., Brushaber, D., Rindels, A., Dodge, H., Weintraub, S., Besser, L., Appleby, B., Bordelon, Y., Bove, J., Brannelly, P., Caso, C., Coppola, G., Dever, R., Dheel, C., … Consortium, A. (2019). Nonlinear Z-score modeling for improved detection of cognitive abnormality. *Alzheimer's & Dementia: Diagnosis, Assessment & Disease Monitoring*, *11*(1), 797–808. https://doi.org/10.1016/j.dadm.2019.08.003

Kotte, A., Joshi, G., Fried, R., Uchida, M., Spencer, A., Woodworth, K. Y., Kenworthy, T., Faraone, S. V., & Biederman, J. (2013). Autistic Traits in Children With and Without ADHD. *Pediatrics*, *132*(3), e612–e622. https://doi.org/10.1542/peds.2012-3947

Kramer, A. F., Gonzalez de Sather, J., & Cassavaugh, N. D. (2005). Development of attentional and oculomotor control. *Developmental Psychology*, *41*(5), 760–772. https://doi.org/10.1037/0012-1649.41.5.760

Kuhn, G., Tewson, L., Morpurgo, L., Freebody, S. F., Musil, A. S., & Leekam, S. R. (2011). Developmental Changes in the Control of Saccadic Eye Movements in Response to Directional Eye Gaze and Arrows. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *64*(10), 1919–1929. https://doi.org/10.1080/17470218.2011.592592

Küpper, T., Haavik, J., Drexler, H., Ramos-Quiroga, J. A., Wermelskirchen, D., Prutz, C., & Schauble, B. (2012). The negative impact of attention-deficit/hyperactivity disorder on occupational health in adults and adolescents. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, *85*(8), 837–847. https://doi.org/10.1007/s00420-012-0794-0

Lancelot, C., Roy, A., & Speranza, M. (2012). Développement des capacités de traitement et de régulation des émotions ? : Approches neuropsychologique et psychiatrique. Dans P. Allain, A. Ghislaine, & D. Le Gall (Dir.), *Cognition sociale et neuropsychologie* (p. 205–233). Solal.

Langton, S. R., & Bruce, V. (2000). You must see the point: Automatic processing of cues to the direction of social attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *26*(2), 747. https://doi.org/10.1037/0096-1523.26.2.747

Langton, S. R. H. (2000). The mutual influence of gaze and head orientation in the analysis of social attention direction. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, *53*(3), 825–845. https://doi.org/10.1080/713755908

Langton, S. R. H., Watt, R. J., & Bruce, V. (2000). Do the eyes have it? Cues to the direction of social attention. *Trends in Cognitive Sciences*, *4*(2), 50–59. https://doi.org/10.1016/S1364-6613(99)01436-9

Lara, C., Fayyad, J., de Graaf, R., Kessler, R. C., Aguilar-Gaxiola, S., Angermeyer, M., Demytteneare, K., de Girolamo, G., Haro, J. M., Jin, R., Karam, E. G., Lépine, J.-P., Mora, M. E. M., Ormel, J., Posada-Villa, J., & Sampson, N. (2009). Childhood Predictors of Adult Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: Results from the World Health Organization World Mental Health Survey Initiative. *Biological Psychiatry*, *65*(1), 46–54. https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2008.10.005

Larson, K., Russ, S. A., Kahn, R. S., & Halfon, N. (2011). Patterns of Comorbidity, Functioning, and Service Use for US Children With ADHD, 2007. *Pediatrics*, *127*(3), 462–470. https://doi.org/10.1542/peds.2010-0165

Lemerise, E. A., & Arsenio, W. F. (2000). An integrated model of emotion processes and cognition in social information processing. *Child Development*, *71*(1), 107–118. https://doi.org/10.1111/1467-8624.00124

Leung, E. H., & Rheingold, H. L. (1981). Development of pointing as a social gesture. *Developmental Psychology*, *17*(2), 215–220. https://doi.org/10.1037/0012-1649.17.2.215

Liberati, A., Altman, D. G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gøtzsche, P. C., Ioannidis, J. P. A., Clarke, M., Devereaux, P. J., Kleijnen, J., & Moher, D. (2009). The PRISMA Statement for Reporting Systematic Reviews and Meta-Analyses of Studies That Evaluate Health Care Interventions: Explanation and Elaboration. *PLOS Medicine*, *6*(7), e1000100. https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000100

Littman, R., Hochman, S., & Kalanthroff, E. (2023). Reliable affordances: A generative modeling approach for test-retest reliability of the affordances task. *Behavior Research Methods*, 1–10. https://doi.org/10.3758/s13428-023-02131-3

Lockwood, P. L., Apps, M. A. J., & Chang, S. W. C. (2020). Is There a 'Social' Brain? Implementations and Algorithms. *Trends in Cognitive Sciences*, *24*(10), 802–813. https://doi.org/10.1016/j.tics.2020.06.011

Locret-Capon, C., & Bioulac, S. (2016). Chapitre 2. Description clinique et évaluation diagnostique chez l'enfant. Dans M. P. Bouvard (Dir.), *Trouble Déficit de l'Attention avec ou sans Hyperactivité de l'enfant à l'adulte* (p. 25–45). Paris: Dunod. https://doi.org/10.3917/dunod.bouva.2016.01.0025

Loe, I. M., & Feldman, H. M. (2007). Academic and educational outcomes of children with ADHD. *Journal of Pediatric Psychology*, *32*(6), 643–654. https://doi.org/10.1093/jpepsy/jsl054

Lozier, L. M., Vanmeter, J. W., & Marsh, A. A. (2014). Impairments in facial affect recognition associated with autism spectrum disorders: A meta-analysis. *Development and Psychopathology*, *26*(4pt1), 933–945. https://doi.org/10.1017/S0954579414000479

Lu, Z., & van Zoest, W. (2023). Combining social cues in attention: Looking at gaze, head, and pointing cues. *Attention, Perception & Psychophysics*, *85*(4), 1021–1033. https://doi.org/10.3758/s13414-023-02669-6

Luna, B., Velanova, K., & Geier, C. F. (2008). Development of eye-movement control. *Brain and Cognition*, *68*(3), 293–308. https://doi.org/10.1016/j.bandc.2008.08.01

Lutchmaya, S., Baron-Cohen, S., & Raggatt, P. (2002). Foetal testosterone and eye contact in 12-month-old human infants. *Infant Behavior and Development*, *25*(3), 327–335. https://doi.org/10.1016/S0163-6383(02)00094-2

MacDonald, R., Anderson, J., Dube, W. V., Geckeler, A., Green, G., Holcomb, W., Mansfield, R., & Sanchez, J. (2006). Behavioral assessment of joint attention: A methodological report. *Research in Developmental Disabilities*, *27*(2), 138–150. https://doi.org/10.1016/j.ridd.2004.09.006

Maison, P. (2010). La méta-analyse sur données résumées. *Recherche en soins infirmiers*, *101*(2), 18–24. https://doi.org/10.3917/rsi.101.0018

Manly, T., Robertson, I. H., Anderson, V., & Nimmo-Smith, I. (2006). *TEA-CH - Test d'Évaluation de l'Attention chez l'enfant.* Pearson.

Maoz, H., Gvirts, H. Z., Sheffer, M., & Bloch, Y. (2019). Theory of Mind and Empathy in Children With ADHD. *Psychiatry Investigation*, *23*(11), 1331–1338. https://doi.org/10.1177/1087054717710766

Marotta, A., Casagrande, M., Rosa, C., Maccari, L., Berloco, B., & Pasini, A. (2014). Impaired reflexive orienting to social cues in attention deficit hyperactivity disorder. *European Child & Adolescent Psychiatry*, *23*(8), 649–657. https://doi.org/10.1007/s00787-013-0505-8

Marotta, A., Pasini, A., Menotti, E., Pasquini, A., Pitzianti, M. B., & Casagrande, M. (2017). Controlling attention to gaze and arrows in attention deficit hyperactivity disorder. *Psychiatry Research*, *251*, 148–154. https://doi.org/10.1016/j.psychres.2017.01.094

Marotta, A., Pasini, A., Ruggiero, S., Maccari, L., Rosa, C., Lupiáñez, J., & Casagrande, M. (2013). Inhibition of Return in Response to Eye Gaze and Peripheral Cues in Young People with Asperger's Syndrome. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *43*(4), 917–923. https://doi.org/10.1007/s10803-012-1636-3

Martin, G. B., & Clark, R. D. (1982). Distress crying in neonates: Species and peer specificity. *Developmental Psychology*, *18*(1), 3–9. https://doi.org/10.1037/0012-1649.18.1.3

Marton, I., Wiener, J., Rogers, M., Moore, C., & Tannock, R. (2009). Empathy and Social Perspective Taking in Children with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *Journal of Abnormal Child Psychology*, *37*(1), 107–118. https://doi.org/10.1007/s10802-008-9262-4

Mary, A., Slama, H., Mousty, P., Massat, I., Capiau, T., Drabs, V., & Peigneux, P. (2016). Executive and attentional contributions to Theory of Mind deficit in attention deficit/hyperactivity disorder (ADHD). *Child Neuropsychology*, *22*(3), 345–365. https://doi.org/10.1080/09297049.2015.1012491

Massetti, G. M., Lahey, B. B., Pelham, W. E., Loney, J., Ehrhardt, A., Lee, S. S., & Kipp, H. (2008). Academic Achievement Over Eight Years Among Children Who Met Modified Criteria for Attention-deficit/Hyperactivity Disorder at 4–6 Years of Age. *Journal of Abnormal Child Psychology*, *36*(3), 399–410. https://doi.org/10.1007/s10802-007-9186-4

Mastropieri, D., & Turkewitz, G. (1999). Prenatal experience and neonatal responsiveness to vocal expressions of emotion. *Developmental Psychobiology*, *35*(3), 204–214. https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2302(199911)35:3<204::AID-DEV5>3.0.CO;2-V

McCauley, S. R., Wilde, E. A., Anderson, V. A., Bedell, G., Beers, S. R., Campbell, T. F., Chapman, S. B., Ewing-Cobbs, L., Gerring, J. P., Gioia, G. A., Levin, H. S., Michaud, L. J., Prasad, M. R., Swaine, B. R., Turkstra, L. S., Wade, S. L., & Yeates, K. O. (2012). Recommendations for the Use of Common Outcome Measures in Pediatric Traumatic Brain Injury Research. *Journal of Neurotrauma*, *29*(4), 678–705. https://doi.org/10.1089/neu.2011.1838

McCrackin, S. D., & Itier, R. J. (2019). Individual differences in the emotional modulation of gaze-cuing. *Cognition and Emotion*, *33*(4), 768–800. https://doi.org/10.1080/02699931.2018.1495618

McQuade, J. D., & Hoza, B. (2008a). Peer problems in Attention Deficit Hyperactivity Disorder: Current status and future directions. *Developmental Disabilities Research Reviews*, *14*(4), 320–324. https://doi.org/10.1002/ddrr.35

McQuade, J. D., & Hoza, B. (2008b). Peer problems in Attention Deficit Hyperactivity Disorder: Current status and future directions. *Developmental Disabilities Research Reviews*, *14*(4), 320–324. https://doi.org/10.1002/ddrr.35

McQuade, J. D., Vaughn, A. J., Hoza, B., Murray-Close, D., Molina, B. S., Arnold, L. E., & Hechtman, L. (2014). Perceived social acceptance and peer status differentially predict adjustment in youth with and without ADHD. *Journal of Attention Disorders*, *18*(1), 31–43. https://doi.org/10.1177/1087054712437582

Meyer, M., Baumann, S., Wildgruber, D., & Alter, K. (2007). How the brain laughs: Comparative evidence from behavioral, electrophysiological and neuroimaging studies in human and monkey. *Behavioural Brain Research*, *182*(2), 245–260. https://doi.org/10.1016/j.bbr.2007.04.023

Mikami, A. Y., & Pfiffner, L. J. (2008). Sibling relationships among children with ADHD. *Journal of Attention Disorders*, *11*(4), 482–492. https://doi.org/10.1177/1087054706295670

Mikami, A. Y., Smit, S., & Khalis, A. (2017). Social Skills Training and ADHD—What Works? *Current Psychiatry Reports*, *19*(12), 93. https://doi.org/10.1007/s11920-017-0850-2

Miller, S. A. (2009). Children's understanding of second-order mental states. *Psychological Bulletin*, *135*(5), 749. https://doi.org/10.1037/a0016854

Miranda, A., Berenguer, C., Roselló, B., Baixauli, I., & Colomer, C. (2017). Social Cognition in Children with High-Functioning Autism Spectrum Disorder and Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. Associations with Executive Functions. *Frontiers in Psychology*, *8*. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01035

Misès, R. (2020). *Classification française des troubles mentaux de l'enfant et de l'adolescent—R2020. Correspondances et transcodage—CIM10*. Presses de l'EHESP. https://doi.org/10.3917/ehesp.mises.2020.01

Morrison, A. B., & Chein, J. M. (2012). The controversy over Cogmed. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, *1*(3), 208–210. https://doi.org/10.1016/j.jarmac.2012.07.005

Mosconi, M., Mack, P., McCarthy, G., & Pelphrey, K. (2005). Taking an "intentional stance" on eye-gaze shifts: A functional neuroimaging study of social perception in children. *NeuroImage*, *27*(1), 247–252. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2005.03.027

Mrug, S., Molina, B. S. G., Hoza, B., Gerdes, A. C., Hinshaw, S. P., Hechtman, L., & Arnold, L. E. (2012). Peer Rejection and Friendships in Children with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: Contributions to Long-Term Outcomes. *Journal of Abnormal Child Psychology*, *40*(6), 1013–1026. https://doi.org/10.1007/s10802-012-9610-2

Mundy, P. (1995). Joint attention and social-emotional approach behavior in children with autism. *Development and Psychopathology*, *7*(1), 63–82. https://doi.org/10.1017/S0954579400006349

Mundy, P. (2003). Annotation: The neural basis of social impairments in autism: the role of the dorsal medial-frontal cortex and anterior cingulate system. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *44*(6), 793–809. https://doi.org/10.1111/1469-7610.00165

Mundy, P. (2018). A review of joint attention and social-cognitive brain systems in typical development and autism spectrum disorder. *European Journal of Neuroscience*, *47*(6), 497–514. https://doi.org/10.1111/ejn.13720. Epub 2017

Mundy, P. C. (2016). *Autism and joint attention: Development, neuroscience, and clinical fundamentals*. Guilford Publications.

Mundy, P., Card, J., & Fox, N. (2000). Fourteen-month cortical activity and different infant joint attention skills. *Developmental Psychobiology*, *36*, 325–338.

Mundy, P., & Newell, L. (2007). Attention, joint attention, and social cognition. *Current Directions in Psychological Science*, *16*(5), 269–274. https://doi.org/10.1111/j.1467-8721.2007.00518.x

Mundy, P., Sullivan, L., & Mastergeorge, A. M. (2009). A parallel and distributed-processing model of joint attention, social cognition and autism. *Autism Research*, *2*(1), 2–21. https://doi.org/10.1002/aur.61

Muszkat, M., de Mello, C. B., Muñoz, P. de O. L., Lucci, T. K., David, V. F., Siqueira, J. de O., & Otta, E. (2015). Face Scanning in Autism Spectrum Disorder and Attention Deficit/Hyperactivity Disorder: Human Versus Dog Face Scanning. *Frontiers in Psychiatry*, *6*. https://doi.org/10.3389/fpsyt.2015.00150

Naber, F. B. A., Bakermans-Kranenburg, M. J., van IJzendoorn, M. H., Dietz, C., van Daalen, E., Swinkels, S. H. N., Buitelaar, J. K., & van Engeland, H. (2008). Joint attention development in toddlers with autism. *European Child & Adolescent Psychiatry*, *17*(3), 143–152. https://doi.org/10.1007/s00787-007-0648-6

Narison, R., De Montalembert, M., & Conty, L. (2020). Diagnosing gaze and arrow cueing effects in unilateral spatial neglect. *Neurocase*, *26*(1), 42–50. https://doi.org/10.1080/13554794.2019.1705495

Narme, P., Mouras, H., Loas, G., Krystkowiak, P., Roussel, M., Boucart, M., & Godefroy, O. (2010). Vers une approche neuropsychologique de l'empathie. *Revue de neuropsychologie*, *2*(4), 292–298. https://doi.org/10.1684/nrp.2010.0098

Neath, K., Nilsen, E. S., Gittsovich, K., & Itier, R. J. (2013). Attention orienting by gaze and facial expressions across development. *Emotion*, *13*(3), 397–408. https://doi.org/10.1037/a0030463

Nelson, P. B., Adamson, L. B., & Bakeman, R. (2008). Toddlers' Joint Engagement Experience Facilitates Preschoolers' Acquisition of Theory of Mind. *Developmental Science*, *11*(6), 847–852. https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2008.00733.x

Newton, P. E., & Shaw, S. D. (2013). Standards for talking and thinking about validity. *Psychological Methods*, *18*(3), 301. https://doi.org/10.1037/a0032969

Nigg, J. T. (2000). On inhibition/disinhibition in developmental psychopathology: Views from cognitive and personality psychology and a working inhibition taxonomy. *Psychological Bulletin*, *126*(2), 220–246. https://doi.org/10.1037/0033-2909.126.2.220

Nijmeijer, J. S., Minderaa, R. B., Buitelaar, J. K., Mulligan, A., Hartman, C. A., & Hoekstra, P. J. (2008). Attention-deficit/hyperactivity disorder and social dysfunctioning. *Clinical Psychology Review*, *28*(4), 692–708. https://doi.org/10.1016/j.cpr.2007.10.003

Nixon, E. (2001). The Social Competence of Children with Attention Deficit Hyperactivity Disorder: A Review of the Literature. *Child Psychology and Psychiatry Review*, *6*(4), 172–180. https://doi.org/10.1111/1475-3588.00342

Noël, M.-P. (2021). *Bilan neuropsychologique de l'enfant. Guide pratique pour le clinicien*. Mardaga. https://www.cairn.info/bilan-neuropsychologique-de-l-enfant--9782804709891.htm

Noordermeer, S. D. S., Luman, M., Buitelaar, J. K., Hartman, C. A., Hoekstra, P. J., Franke, B., Faraone, S. V., Heslenfeld, D. J., & Oosterlaan, J. (2020). Neurocognitive Deficits in Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder With and Without Comorbid Oppositional Defiant Disorder. *Journal of Attention Disorders*, *24*(9), 1317–1329. https://doi.org/10.1177/1087054715606216

Norman, D. A., & Shallice, T. (1986). Attention to action: Willed and automatic control of behavior. In R. J. Davidson, G. E. Schwartz, & D. E. Shapiro (Eds.), *Consciousness and self-regulation* (pp. 1–18). Springer.

Normand, S., Schneider, B. H., Lee, M. D., Maisonneuve, M.-F., Chupetlovska-Anastasova, A., Kuehn, S. M., & Robaey, P. (2013). Continuities and changes in the friendships of children with and without ADHD: A longitudinal, observational study. *Journal of Abnormal Child Psychology*, *41*(7), 1161–1175. https://doi.org/10.1007/s10802-013-9753-9

Oakley, B. F. M., Brewer, R., Bird, G., & Catmur, C. (2016). Theory of Mind Is Not Theory of Emotion: A Cautionary Note on the Reading the Mind in the Eyes Test. *Journal of Abnormal Psychology*, *125*(6), 818–823. https://doi.org/10.1037/abn0000182

Olafsen, K. S., Rønning, J. A., Kaaresen, P. I., Ulvund, S. E., Handegård, B. H., & Dahl, L. B. (2006). Joint attention in term and preterm infants at 12 months corrected age: The significance of gender and intervention based on a randomized controlled trial. *Infant*

Behavior and Development, *29*(4), 554–563. https://doi.org/10.1016/j.infbeh.2006.07.004

Osterrieth, P. (1944). Le test de copie d'une figure complexe. *Archives de Psychologie*, *30*, 206–356.

Overall, J. E., & Woodward, J. A. (1975). Unreliability of difference scores: A paradox for measurement of change. *Psychological Bulletin*, *82*(1), 85–86. https://doi.org/10.1037/h0076158

Özbaran, B., Kalyoncu, T., & Köse, S. (2018). Theory of mind and emotion regulation difficulties in children with ADHD. *Psychiatry Research*, *270*, 117–122. https://doi.org/10.1016/j.psychres.2018.09.034

Ozonoff, S., Young, G. S., Brian, J., Charman, T., Shephard, E., Solish, A., & Zwaigenbaum, L. (2018). Diagnosis of Autism Spectrum Disorder After Age 5 in Children Evaluated Longitudinally Since Infancy. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, *57*(11), 849-857.e2. https://doi.org/10.1016/j.jaac.2018.06.022

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., … Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, *372*, n71. https://doi.org/10.1136/bmj.n71

Page, M. J., Moher, D., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., … McKenzie, J. E. (2021). PRISMA 2020 explanation and elaboration: Updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews. *BMJ*, n160. https://doi.org/10.1136/bmj.n160

Papagiannopoulou, E. A., Chitty, K. M., Hermens, D. F., Hickie, I. B., & Lagopoulos, J. (2014). A systematic review and meta-analysis of eye-tracking studies in children with autism spectrum disorders. *Social Neuroscience*, *9*(6), 610–632. https://doi.org/10.1080/17470919.2014.934966

Parke, E. M., Becker, M. L., Graves, S. J., Baily, A. R., Paul, M. G., Freeman, A. J., & Allen, D. N. (2021). Social cognition in children with ADHD. *Journal of Attention Disorders*, *25*(4), 519–529. https://doi.org/10.1177/1087054718816157

Pelc, K., Kornreich, C., Foisy, M.-L., & Dan, B. (2006). Recognition of Emotional Facial Expressions in Attention-Deficit Hyperactivity Disorder. *Pediatric Neurology*, *35*(2), 93–97. https://doi.org/10.1016/j.pediatrneurol.2006.01.014

Perner, J., & Wimmer, H. (1985). "John thinks that Mary thinks that…" attribution of second-order beliefs by 5-to 10-year-old children. *Journal of Experimental Child Psychology*, *39*(3), 437–471. https://doi.org/10.1016/0022-0965(85)90051-7

Perrett, D. I., & Emery, N. J. (1994). Understanding the intentions of others from visual signals: Neurophysiological evidence. *Cahiers de Psychologie Cognitive/Current Psychology of Cognition*, *13*(5), 683–694.

Perrett, D. I., Hietanen, J. K., Oram, M. W., & Benson, P. J. (1992). Organization and functions of cells responsive to faces in the temporal cortex. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, *335*(1273), 23–30. https://doi.org/10.1098/rstb.1992.0003

Phelps, E. A., & LeDoux, J. E. (2005). Contributions of the amygdala to emotion processing: From animal models to human behavior. *Neuron*, *48*(2), 175–187. https://doi.org/10.1016/j.neuron.2005.09.025

Phillips, M. L., Drevets, W. C., Rauch, S. L., & Lane, R. (2003). Neurobiology of emotion perception I: The neural basis of normal emotion perception. *Biological Psychiatry*, *54*(5), 504–514. https://doi.org/10.1016/S0006-3223(03)00168-9

Pineda-Alhucema, W., Aristizabal, E., Escudero-Cabarcas, J., Acosta-López, J. E., & Vélez, J. I. (2018). Executive Function and Theory of Mind in Children with ADHD: A Systematic Review. *Neuropsychology Review*, *28*(3), 341–358. https://doi.org/10.1007/s11065-018-9381-9

Pitzianti, M., Grelloni, C., Casarelli, L., D'Agati, E., Spiridigliozzi, S., Curatolo, P., & Pasini, A. (2017). Neurological soft signs, but not theory of mind and emotion recognition deficit distinguished children with ADHD from healthy control. *Psychiatry Research*, *256*, 96–101. https://doi.org/10.1016/j.psychres.2017.06.029

Polanczyk, G., de Lima, M. S., Horta, B. L., Biederman, J., & Rohde, L. A. (2007). The Worldwide Prevalence of ADHD: A Systematic Review and Metaregression Analysis. *American Journal of Psychiatry*, *164*(6), 942–948. https://doi.org/10.1176/ajp.2007.164.6.942

Posner, M. I., & Rothbart, M. K. (2007). *Educating the human brain*. American Psychological Association.

Posner, M., & Petersen, S. (1990). The attention system of the human brain. *Anual Review of Neuroscience*, *13*(1), 25–42. https://doi.org/10.1146/annurev.ne.13.030190.000325

Preston, S., & De Waal, F. (2002). Empathy: Its ultimate and proximate bases. *Behavioral and Brain Sciences*, *25*(1), 1–20. https://doi.org/10.1017/S0140525X02000018

Purper-Ouakil, D., Wohl, M., Cortese, S., Michel, G., & Mouren, M.-C. (2006). Le trouble déficitaire de l'attention–hyperactivité (TDAH) de l'enfant et de l'adolescent. *Annales Médico-Psychologiques, Revue Psychiatrique*, *164*(1), 63–72. https://doi.org/10.1016/S0003-4487(05)00296-9

Quesque, F., & Bertoux, M. (2022). Neuropsychologie sociale : Limites & défis de l'approche actuelle. *Les Cahiers de Neuropsychologie Clinqiue*, *8*, 79–93.

Regenbogen, C., Schneider, D. A., Gur, R. E., Schneider, F., Habel, U., & Kellermann, T. (2012). Multimodal human communication — Targeting facial expressions, speech content and prosody. *NeuroImage*, *60*(4), 2346–2356. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2012.02.043

Rey, A. (1941). L'examen psychologique dans les cas d'encéphalopathie traumatique. *Archives de Psychologie*, *28*, 286–340.

Ricard, M., & Kamberk-Kilicci, M. (1995). Children's empathic responses to emotional complexity. *International Journal of Behavioral Development*, *18*(2), 211–225. https://doi.org/10.1177/016502549501800202

Ristic, J., Friesen, C. K., & Kingstone, A. (2002). Are eyes special? It depends on how you look at it. *Psychonomic Bulletin & Review*, *9*(3), 507–513. https://doi.org/10.3758/BF03196306

Rizzolatti, G., Fabbri-Destro, M., & Cattaneo, L. (2009). Mirror neurons and their clinical relevance. *Nature Clinical Practice Neurology*, *5*(1), 24–34. https://doi.org/10.1038/ncpneuro0990

Rohlfing, K. J., Longo, M. R., & Bertenthal, B. I. (2012). Dynamic pointing triggers shifts of visual attention in young infants. *Developmental Science*, *15*(3), 426–435. https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2012.01139.x

Rolland, J.-P. (2006). Comment évaluer un test ? Dans C. Levy-Leboyer, C. Louche, & J. P. Rolland (Dir.), *Ressources Humaines : Les apports de la psychologie du travail.* (p. 61–82). Editions d'Organisation.

Rooney, M., Chronis-Tuscano, A., & Yoon, Y. (2012). Substance use in college students with ADHD. *Journal of Attention Disorders*, *16*(3), 221–234. https://doi.org/10.1177/1087054710392536

Ros, R., & Graziano, P. (2017). Social Functioning in Children With or At Risk for Attention Deficit/Hyperactivity Disorder: A Meta-Analytic Review. *Journal of Clinical Child & Adolescent Psychology*, *47*(2), 1–23. https://doi.org/10.1080/15374416.2016.1266644

Roy, A. (2015). Approche neuropsychologique des fonctions exécutives de l'enfant : État des lieux et éléments de prospective. *Revue de neuropsychologie*, *7*(4), 245–256. https://doi.org/10.1684/nrp.2015.0357

Roy, A., Le Gall, D., Roulin, J. L., & Fournet, N. (2020). Un nouveau dispositif d'évaluation des fonctions exécutives chez l'enfant : La batterie FÉE. *ANAE : Approche Neuropsychologique Des Apprentissages Chez l'Enfant*, *167*, 393–402.

Roy, A., Lodenos, V., Fournet, N., Le Gall, D., & Roulin, J. L. (2017). Le syndrome dysexécutif chez l'enfant : Entre avancées scientifiques et questionnements. *ANAE : Approche Neuropsychologique des Apprentissages chez l'Enfant*, *146*, 27–38.

Ruch, G. M. (1924). *The improvement of the written examination*. Scott Foresman.

Sabbagh, M. A., Xu, F., Carlson, S. M., Moses, L. J., & Lee, K. (2006). The Development of Executive Functioning and Theory of Mind: A Comparison of Chinese and U.S. Preschoolers. *Psychological Science*, *17*(1), 74–81. https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2005.01667.x

Sadria, M., Karimi, S., & Layton, A. T. (2019). Network centrality analysis of eye-gaze data in autism spectrum disorder. *Computers in Biology and Medicine*, *111*, 103332. https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2019.103332

Sagi, A., & Hoffman, M. L. (1976). Empathic distress in the newborn. *Developmental Psychology*, *12*(2), 175–176. https://doi.org/10.1037/0012-1649.12.2.175

Şahin, B., Karabekiroğlu, K., Bozkurt, A., Usta, M., Aydin, M., & Çobanoğlu, C. (2018). The Relationship of Clinical Symptoms with Social Cognition in Children Diagnosed with Attention Deficit Hyperactivity Disorder, Specific Learning Disorder or Autism Spectrum Disorder. *Psychiatry Investigation*, *15*(12). https://doi.org/10.30773/pi.2018.10.01

Sainsbury, W. J., Carrasco, K., Whitehouse, A. J. O., & Waddington, H. (2023). Parent-reported Early Atypical Development and Age of Diagnosis for Children with Co-occurring Autism and ADHD. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *53*(6), 2173–2184. https://doi.org/10.1007/s10803-022-05488-0

Samson, D. (2012). Neuropsychologie de la théorie de l'esprit chez l'adulte : Etat de l'art et implications cliniques. Dans P. Allain, G. Aubin, & D. Le Gall (Dir.), *Cognition sociale et neuropsychologie* (p. 47–64). Solal.

Sanislow, C. A., Pine, D. S., Quinn, K. J., Kozak, M. J., Garvey, M. A., Heinssen, R. K., Wang, P. S.-E., & Cuthbert, B. N. (2010). Developing constructs for psychopathology research: Research domain criteria. *Journal of Abnormal Psychology*, *119*(4), 631. https://doi.org/10.1037/a0020909

Sato, W., Kochiyama, T., Uono, S., & Toichi, M. (2016). Neural mechanisms underlying conscious and unconscious attentional shifts triggered by eye gaze. *NeuroImage*, *124*, 118–126. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2015.08.061

Sato, W., Kochiyama, T., Uono, S., & Yoshikawa, S. (2008). Time course of superior temporal sulcus activity in response to eye gaze: A combined fMRI and MEG study. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, *3*(3), 224–232. https://doi.org/10.1093/scan/nsn016

Sato, W., Kochiyama, T., Uono, S., & Yoshikawa, S. (2009). Commonalities in the neural mechanisms underlying automatic attentional shifts by gaze, gestures, and symbols. *NeuroImage*, *45*(3), 984–992. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2008.12.052

Sato, W., Okada, T., & Toichi, M. (2007). Attentional shift by gaze is triggered without awareness. *Experimental Brain Research*, *183*(1), 87–94. https://doi.org/10.1007/s00221-007-1025-x

Savla, G. N., Vella, L., Armstrong, C. C., Penn, D. L., & Twamley, E. W. (2013). Deficits in Domains of Social Cognition in Schizophrenia: A Meta-Analysis of the Empirical Evidence. *Schizophrenia Bulletin*, *39*(5), 979–992. https://doi.org/10.1093/schbul/sbs080

Scaife, M., & Bruner, J. S. (1975). The capacity for joint visual attention in the infant. *Nature*, *253*, 265–266. https://doi.org/10.1038/253265a0

Schurz, M., Radua, J., Tholen, M. G., Maliske, L., Margulies, D. S., Mars, R. B., Sallet, J., & Kanske, P. (2021). Toward a hierarchical model of social cognition: A neuroimaging meta-analysis and integrative review of empathy and theory of mind. *Psychological Bulletin*, *147*(3), 293–327. https://doi.org/10.1037/bul0000303

Schwenck, C., Schmitt, D., Sievers, S., Romanos, M., Warnke, A., & Schneider, W. (2011). [Cognitive and emotional empathy in children with ADHD and conduct disorder]. *Zeitschrift Fur Kinder-Und Jugendpsychiatrie Und Psychotherapie*, *39*(4), 265–276. https://doi.org/10.1024/1422-4917/a000118.

Scourfield, J., Martin, N., Lewis, G., & McGuffin, P. (1999). Heritability of social cognitive skills in children and adolescents. *The British Journal of Psychiatry*, *175*(6), 559–564. https://doi.org/10.1192/bjp.175.6.559

Seidman, L. J. (2006). Neuropsychological functioning in people with ADHD across the lifespan. *Clinical Psychology Review*, *26*(4), 466–485. https://doi.org/10.1016/j.cpr.2006.01.004

Semrud-Clikeman, M. (2010). The Role of Inattention and Social Perception and Performance in Two Subtypes of ADHD. *Archives of Clinical Neuropsychology*, *25*(8), 771–780. https://doi.org/10.1093/arclin/acq074

Semrud-Clikeman, M., Biederman, J., Sprich-Buckminster, S., Lehman, B. K., Faraone, S. V., & Norman, D. (1992). Comorbidity between ADDH and learning disability: A review and report in a clinically referred sample. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, *31*(3), 439–448. https://doi.org/10.1097/00004583-199205000-00009

Shamay-Tsoory, S. (2015). The neuropsychology of empathy: Evidence from lesion studies. *Revue de neuropsychologie*, *7*(4), 237–243. https://doi.org/10.1684/nrp.2015.0356

Shepherd, S. V., Deaner, R. O., & Platt, M. L. (2006). Social status gates social attention in monkeys. *Current Biology*, *16*(4), R119–R120. https://doi.org/10.1016/j.cub.2006.02.013

Shin, D.-W., Lee, S. J., Kim, B.-J., Park, Y., & Lim, S.-W. (2008). Visual attention deficits contribute to impaired facial emotion recognition in boys with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Neuropediatrics*, *39*(6), 323–327. https://doi.org/10.1055/s-0029-1202286

Shirk, S. D., Mitchell, M. B., Shaughnessy, L. W., Sherman, J. C., Locascio, J. J., Weintraub, S., & Atri, A. (2011). A web-based normative calculator for the uniform data set (UDS) neuropsychological test battery. *Alzheimer's Research & Therapy*, *3*(6), 32. https://doi.org/10.1186/alzrt94

Sibley, M. H., Pelham, W. E., Molina, B. S. G., Gnagy, E. M., Waschbusch, D. A., Biswas, A., MacLean, M. G., Babinski, D. E., & Karch, K. M. (2011). The Delinquency Outcomes of Boys with ADHD with and without Comorbidity. *Journal of Abnormal Child Psychology*, *39*(1), 21–32. https://doi.org/10.1007/s10802-010-9443-9

Siegrist, M. (1997). Test-Retest Reliability of Different Versions of the Stroop Test. *The Journal of Psychology*, *131*(3), 299–306. https://doi.org/10.1080/00223989709603516

Singer, T. (2006). The neuronal basis and ontogeny of empathy and mind reading: Review of literature and implications for future research. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *30*(6), 855–863. https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2006.06.011

Sinzig, J., Morsch, D., & Lehmkuhl, G. (2008). Do hyperactivity, impulsivity and inattention have an impact on the ability of facial affect recognition in children with autism and ADHD? *European Child & Adolescent Psychiatry*, *17*(2), 63–72. https://doi.org/10.1007/s00787-007-0637-9

Sjöwall, D., Roth, L., Lindqvist, S., & Thorell, L. B. (2013). Multiple deficits in ADHD: Executive dysfunction, delay aversion, reaction time variability, and emotional deficits. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *54*(6), 619–627. https://doi.org/10.1111/jcpp.12006

Sjöwall, D., & Thorell, L. B. (2019). A critical appraisal of the role of neuropsychological deficits in preschool ADHD. *Child Neuropsychology*, *25*(1), 60–80. https://doi.org/10.1080/09297049.2018.1447096

Sjöwall, D., & Thorell, L. B. (2022). Neuropsychological deficits in relation to ADHD symptoms, quality of life, and daily life functioning in young adulthood. *Applied Neuropsychology: Adult*, *29*(1), 32–40. https://doi.org/10.1080/23279095.2019.1704287

Slama, H., & Schmitz, R. (2016). Chapitre 5. Fonctions attentionnelles et exécutives dans le TDAH. Dans M. P. Bouvard (Dir.), *Trouble Déficit de l'Attention avec ou sans Hyperactivité de l'enfant à l'adulte* (p. 110–130). Dunod. https://doi.org/10.3917/dunod.bouva.2016.01.0110

Soman, S. M., Vijayakumar, N., Thomson, P., Ball, G., Hyde, C., & Silk, T. J. (2023). Functional and structural brain network development in children with attention deficit hyperactivity disorder. *Human Brain Mapping*, *44*(8), 3394–3409. https://doi.org/10.1002/hbm.26288

Song, P., Zha, M., Yang, Q., Zhang, Y., Li, X., & Rudan, I. (2021). The prevalence of adult attention-deficit hyperactivity disorder: A global systematic review and meta-analysis. *Journal of Global Health*, *11*, 04009. https://doi.org/10.7189/jogh.11.04009

Sonuga-Barke, E. J. S., & Castellanos, F. X. (2007). Spontaneous attentional fluctuations in impaired states and pathological conditions: A neurobiological hypothesis. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *31*(7), 977–986. https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2007.02.005

Sonuga-Barke, E. J. S., & Fairchild, G. (2012). Neuroeconomics of Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: Differential Influences of Medial, Dorsal, and Ventral Prefrontal Brain Networks on Suboptimal Decision Making? *Biological Psychiatry*, *72*(2), 126–133. https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2012.04.004

Sonuga-Barke, E. S., Taylor, E., Sembi, S., & Smith, J. (1992). Hyperactivity and delay aversion–I. The effect of delay on choice. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, *33*(2), 387–398. https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1992.tb00874.x

Sparrow, S., Balla, D., & Cichetti, D. (1984). *Vineland Adaptive Behavior Scales*. MN: American Guidance Services.

Stone, V. E., Baron-Cohen, S., & Knight, R. T. (1998). Frontal Lobe Contributions to Theory of Mind. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *10*(5), 640–656. https://doi.org/10.1162/089892998562942

Storebø, O. J., Andersen, M. E., Skoog, M., Hansen, S. J., Simonsen, E., Pedersen, N., Tendal, B., Callesen, H. E., Faltinsen, E., & Gluud, C. (2019). Social skills training for attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) in children aged 5 to 18 years. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, *12*. https://doi.org/10.1002/14651858.CD008223.pub2

Strauss, G. P., Allen, D. N., Jorgensen, M. L., & Cramer, S. L. (2005). Test-retest reliability of standard and emotional stroop tasks: An investigation of color-word and picture-word versions. *Assessment*, *12*(3), 330–337. https://doi.org/10.1177/1073191105276375

Striano, T., & Reid, V. M. (2006). Social cognition in the first year. *Trends in Cognitive Sciences*, *10*(10), 471–476. https://doi.org/10.1016/j.tics.2006.08.006

Stuss, D. T. (2011). Functions of the Frontal Lobes: Relation to Executive Functions. *Journal of the International Neuropsychological Society*, *17*(5), 759–765. https://doi.org/10.1017/S1355617711000695

Suzuki, A., Hoshino, T., & Shigemasu, K. (2006). Measuring individual differences in sensitivities to basic emotions in faces. *Cognition*, *99*(3), 327–353. https://doi.org/10.1016/j.cognition.2005.04.003

Swettenham, J., Remington, A., Laing, K., Fletcher, R., Coleman, M., & Gomez, J.-C. (2013). Perception of Pointing from Biological Motion Point-Light Displays in Typically Developing Children and Children with Autism Spectrum Disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *43*(6), 1437–1446. https://doi.org/10.1007/s10803-012-1699-1

Takeuchi, H., Taki, Y., Sassa, Y., Hashizume, H., Sekiguchi, A., Fukushima, A., & Kawashima, R. (2013). Brain structures associated with executive functions during everyday events in a non-clinical sample. *Brain Structure and Function*, *218*(4), 1017–1032. https://doi.org/10.1007/s00429-012-0444-z

Tehrani-Doost, M., Noorazar, G., Shahrivar, Z., Banaraki, A. K., Beigi, P. F., & Noorian, N. (2017). Is Emotion Recognition Related to Core Symptoms of Childhood ADHD? *Journal of the Canadian Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, *26*(1), 31–38.

Temeltürk, R. D., Aydın, Ö., Üstün Güllü, B., & Kılıç, B. G. (2023). Dynamic eye-tracking evaluation of responding joint attention abilities and face scanning patterns in children with attention deficit hyperactivity disorder. *Development and Psychopathology*, 1–12. https://doi.org/10.1017/S095457942300041X

Thompson, E. J., Beauchamp, M. H., Darling, S. J., Hearps, S. J. C., Brown, A., Charalambous, G., Crossley, L., Darby, D., Dooley, J. J., Greenham, M., Jaimangal, M., McDonald, S., Muscara, F., Turkstra, L., & Anderson, V. A. (2018). Protocol for a prospective, school-based standardisation study of a digital social skills assessment tool for children: The Paediatric Evaluation of Emotions, Relationships, and Socialisation (PEERS) study. *BMJ Open*, *8*(2), e016633. https://doi.org/10.1136/bmjopen-2017-016633

Thompson, J. C., Hardee, J. E., Panayiotou, A., Crewther, D., & Puce, A. (2007). Common and distinct brain activation to viewing dynamic sequences of face and hand movements. *NeuroImage*, *37*(3), 966–973. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2007.05.058

Tipples, J. (2002). Eye gaze is not unique: Automatic orienting in response to uninformative arrows. *Psychonomic Bulletin & Review*, *9*(2), 314–318. https://doi.org/10.3758/BF03196287

Tipples, J. (2008). Orienting to counterpredictive gaze and arrow cues. *Perception & Psychophysics*, *70*(1), 77–87. https://doi.org/10.3758/PP.70.1.77

Tomasello, M., Carpenter, M., Call, J., Behne, T., & Moll, H. (2005). Understanding and sharing intentions: The origins of cultural cognition. *Behavioral and Brain Sciences*, *28*(5), 675–691. https://doi.org/10.1017/S0140525X05000129

Tomasello, M., Carpenter, M., & Liszkowski, U. (2007). A new look at infant pointing. *Child Development*, *78*(3), 705–722. https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2007.01025.x

Tonks, J., Williams, W. H., Frampton, I., Yates, P., & Slater, A. (2007). Assessing emotion recognition in 9–15-years olds: Preliminary analysis of abilities in reading emotion from faces, voices and eyes. *Brain Injury*, *21*(6), 623–629. https://doi.org/10.1080/02699050701426865

Toplak, M. E., Dockstader, C., & Tannock, R. (2006). Temporal information processing in ADHD: Findings to date and new methods. *Journal of Neuroscience Methods*, *151*(1), 15–29. https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2005.09.018

Toplak, M. E., & Tannock, R. (2005). Time Perception: Modality and Duration Effects in Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder (ADHD). *Journal of Abnormal Child Psychology*, *33*(5), 639–654. https://doi.org/10.1007/s10802-005-6743-6

Triesch, J., Teuscher, C., Deák, G. O., & Carlson, E. (2006). Gaze following: Why (not) learn it? *Developmental Science*, *9*(2), 125–147. https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2006.00470.x

Tucker, D. M., Watson, R. T., & Heilman, K. M. (1977). Discrimination and evocation of affectively intoned speech in patients with right parietal disease. *Neurology*, *27*(10), 947–947. https://doi.org/10.1212/WNL.27.10.947

Uekermann, J., Kraemer, M., Abdel-Hamid, M., Schimmelmann, B. G., Hebebrand, J., Daum, I., Wiltfang, J., & Kis, B. (2010). Social cognition in attention-deficit hyperactivity disorder (ADHD). *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *34*(5), 734–743. https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2009.10.009

Uljarevic, M., & Hamilton, A. (2013). Recognition of Emotions in Autism: A Formal Meta-Analysis. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *43*(7), 1517–1526. https://doi.org/10.1007/s10803-012-1695-5

Ulloa, J. L., Marchetti, C., Taffou, M., & George, N. (2015). Only your eyes tell me what you like: Exploring the liking effect induced by other's gaze. *Cognition and Emotion*, *29*(3), 460–470. https://doi.org/10.1080/02699931.2014.919899

Vaidya, C. J., Foss-Feig, J., Shook, D., Kaplan, L., Kenworthy, L., & Gaillard, W. D. (2011). Controlling attention to gaze and arrows in childhood: An fMRI study of typical development and Autism Spectrum Disorders. *Developmental Science*, *14*(4), 911–924. https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2011.01041.x

Van der Oord, S., Prins, P. J. M., Oosterlaan, J., & Emmelkamp, P. M. G. (2008). Efficacy of methylphenidate, psychosocial treatments and their combination in school-aged children with ADHD: A meta-analysis. *Clinical Psychology Review*, *28*(5), 783–800. https://doi.org/10.1016/j.cpr.2007.10.007

van Rooijen, R., Junge, C., & Kemner, C. (2018a). No own-age bias in children's gaze-cueing effects. *Frontiers in Psychology*, *9*. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02484

van Rooijen, R., Junge, C. M., & Kemner, C. (2018b). The Interplay between Gaze Following, Emotion Recognition, and Empathy across Adolescence; a Pubertal Dip in Performance? *Frontiers in Psychology*, *9*, 127. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00127

van Zomeren, A. H., & Brouwer, W. H. (1994). *Clinical neuropsychology of attention*. Oxford University Press.

Wade, M., Prime, H., Jenkins, J. M., Yeates, K. O., Williams, T., & Lee, K. (2018). On the relation between theory of mind and executive functioning: A developmental cognitive neuroscience perspective. *Psychonomic Bulletin & Review*, *25*(6), 2119–2140. https://doi.org/10.3758/s13423-018-1459-0

Walker-Andrews, A. S., & Grolnick, W. (1983). Discrimination of vocal expressions by young infants. *Infant Behavior & Development*, *6*(4), 491–498. https://doi.org/10.1016/S0163-6383(83)90331-4

Wan, G., Kong, X., Sun, B., Yu, S., Tu, Y., Park, J., Lang, C., Koh, M., Wei, Z., Feng, Z., Lin, Y., & Kong, J. (2019). Applying Eye Tracking to Identify Autism Spectrum Disorder in Children. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *49*(1), 209–215. https://doi.org/10.1007/s10803-018-3690-y

Wechsler, D. (2014). *Wechsler Intelligence Scale for Children* (5th ed.). The Psychological Corporation.

Weintraub, S., Besser, L., Dodge, H. H., Teylan, M., Ferris, S., Goldstein, F. C., Giordani, B., Kramer, J., Loewenstein, D., Marson, D., Mungas, D., Salmon, D., Welsh-Bohmer, K., Zhou, X.-H., Shirk, S. D., Atri, A., Kukull, W. A., Phelps, C., & Morris, J. C. (2018). Version 3 of the Alzheimer Disease Centers' Neuropsychological Test Battery in the Uniform Data Set (UDS). *Alzheimer Disease & Associated Disorders*, *32*(1), 10–17. https://doi.org/10.1097/WAD.0000000000000223

Wells, G. A., Shea, B., O'Connell, D., Peterson, J., Welch, V., Losos, M., & Tugwell, P. (2000). *The Newcastle-Ottawa Scale (NOS) for assessing the quality of nonrandomised studies in meta-analyses*. Oxford. https://www.ohri.ca/programs/clinical_epidemiology/oxford.asp

White, S., Hill, E., Happé, F., & Frith, U. (2009). Revisiting the Strange Stories: Revealing Mentalizing Impairments in Autism. *Child Development*, *80*(4), 1097–1117. https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2009.01319.x

Widen, S., & Russell, J. (2013). Children's Recognition of Disgust in Others. *Psychological Bulletin*, *139*(2), 271–299. https://doi.org/10.1037/a0031640

Willcutt, E. G. (2012). The Prevalence of DSM-IV Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: A Meta-Analytic Review. *Neurotherapeutics*, *9*(3), 490–499. https://doi.org/10.1007/s13311-012-0135-8

Willcutt, E. G., Doyle, A. E., Nigg, J. T., Faraone, S. V., & Pennington, B. F. (2005). Validity of the executive function theory of attention-deficit/hyperactivity disorder: A meta-analytic review. *Biological Psychiatry*, *57*(11), 1336–1346. https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2005.02.006

Williams, L. M., Hermens, D. F., Palmer, D., Kohn, M., Clarke, S., Keage, H., Clark, C. R., & Gordon, E. (2008). Misinterpreting Emotional Expressions in Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: Evidence for a Neural Marker and Stimulant Effects. *Biological Psychiatry*, *63*(10), 917–926. https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2007.11.022

Wimmer, H., & Perner, J. (1983). Beliefs about beliefs: Representation and constraining function of wrong beliefs in young children's understanding of deception. *Cognition*, *13*(1), 103–128. https://doi.org/10.1016/0010-0277(83)90004-5

Wiśniewska, B., Baranowska, W., & Wendorff, J. (2007). The assessment of comorbid disorders in ADHD children and adolescents. *Advances in Medical Sciences*, *52*(Suppl 1), 215–217.

World Health Organization. (1992). *The ICD-10 Classification of Mental and Behavioural Disorders: Clinical Descriptions and Diagnostic Guidelines*. World Health Organization.

World Health Organization. (2019). *ICD-11 clinical descriptions and diagnostic guidelines for mental and behavioural disorders*. World Health Organization.

Wu, Z.-M., Llera, A., Hoogman, M., Cao, Q.-J., Zwiers, M. P., Bralten, J., An, L., Sun, L., Yang, L., Yang, B.-R., Zang, Y.-F., Franke, B., Beckmann, C. F., Mennes, M., & Wang,

Y.-F. (2019). Linked anatomical and functional brain alterations in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *NeuroImage: Clinical*, *23*, 101851. https://doi.org/10.1016/j.nicl.2019.101851

Yager, J., & Ehmann, T. (2006). Untangling Social Function and Social Cognition: A Review of Concepts and Measurement. *Psychiatry*, *69*(1), 47–68. https://doi.org/10.1521/psyc.2006.69.1.47

Yang, J., Zhou, S., Yao, S., Su, L., & McWhinnie, C. (2009). The Relationship Between Theory of Mindand Executive Function in a Sample of Childrenfrom Mainland China. *Child Psychiatry and Human Development*, *40*(2), 169–182. https://doi.org/10.1007/s10578-008-0119-4

Yoshimasu, K., Barbaresi, W. J., Colligan, R. C., Voigt, R. G., Killian, J. M., Weaver, A. L., & Katusic, S. K. (2012). Childhood ADHD is strongly associated with a broad range of psychiatric disorders during adolescence: A population-based birth cohort study. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *53*(10), 1036–1043. https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2012.02567.x

Young, Z., Moghaddam, N., & Tickle, A. (2020). The Efficacy of Cognitive Behavioral Therapy for Adults With ADHD: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Journal of Attention Disorders*, *24*(6), 875–888. https://doi.org/10.1177/1087054716664413

Yu, C.-L., & Chou, T.-L. (2018). A Dual Route Model of Empathy: A Neurobiological Prospective. *Frontiers in Psychology*, *9*. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02212

Yuill, N., & Lyon, J. (2007). Selective difficulty in recognising facial expressions of emotion in boys with ADHD. *European Child & Adolescent Psychiatry*, *16*(6), 398–404. https://doi.org/10.1007/s00787-007-0612-5

Zablotsky, B., Bramlett, M. D., & Blumberg, S. J. (2020). The Co-Occurrence of Autism Spectrum Disorder in Children With ADHD. *Journal of Attention Disorders*, *24*(1), 94–103. https://doi.org/10.1177/1087054717713638

Zaki, J., Weber, J., Bolger, N., & Ochsner, K. (2009). The neural bases of empathic accuracy. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *106*(27), 11382–11387. https://doi.org/10.1073/pnas.0902666106

Zheng, Q., Cheng, Y. Y., Sonuga-Barke, E., & Shum, K. K. (2022). Do Executive Dysfunction, Delay Aversion, and Time Perception Deficit Predict ADHD Symptoms and Early Academic Performance in Preschoolers. *Research on Child and Adolescent Psychopathology*, *50*(11), 1381–1397. https://doi.org/10.1007/s10802-022-00937-x

Zheng, Q., Wang, X., Chiu, K. Y., & Shum, K. K. (2022). Time Perception Deficits in Children and Adolescents with ADHD: A Meta-analysis. *Journal of Attention Disorders*, *26*(2), 267–281. https://doi.org/10.1177/1087054720978557

Zimmerman, P., Gondan, M., & Fimm, B., (2002). *KITAP, Test d'évaluation de l'attention pour enfants.* Psytest.

Index des tableaux et des figures

Tableaux

Tableau 1. Exemple de tests couramment utilisés en pratique clinique dans le cadre de l'évaluation du TDAH 36

Tableau 2. Représentation des étapes de la thèse avec les objectifs et les participants inclus dans chacune des études 115

Figures

Figure 1 : Représentation schématique du lien entre les modèles de van Zomeren & Brouwer (1994) et de Posner & Petersen (1990) 27

Figure 2 : Représentation schématique du modèle des fonctions exécutives de Diamond (2013) 28

Figure 3 : Représentation schématique du modèle de Barkley (1997) 30

Figure 4 : Représentation schématique du modèle de Sonuga-Barke et al. (1992) 31

Figure 5 : Représentation schématique du modèle à voies multiples de Sonuga-Barke & Castellanos (2007) en lien avec les modèles explicatifs spécifiques à une seule facette cognitive 33

Figure 6 : Représentation schématique de la démarche en neuropsychologie clinique 38

Figure 7 : Représentation schématique du modèle de Beauchamp & Anderson (2010) 43

Figure 8 : Exemple d'un item du Faces test de Baron-Cohen, Wheelwright, et al. (1997) 46

Figure 9 : Exemple d'un item du RMET de Baron Cohen et al. (2001) 49

Figure 10 : Exemples de tâches évaluant la théorie de l'esprit de premier et second ordre extraites de la ToM-15 (Desgranges et al., 2012 ; adapté de Duval et al., 2011) 50

Figure 11 : Représentation schématique du lien entre théorie de l'esprit et empathie 52

Figure 12 : Description des (A) structures et (B) réseaux neuronaux impliqués dans la cognition sociale chez l'adulte (reproduit de Kennedy & Adolphs, 2012). 56

Figure 13 : Représentation schématique des grandes étapes dans la réalisation d'une méta-analyse 73

Figure 14 : Classification des différents types d'attention sociale (reproduit de Emery 2000) 76
Figure 15 : Représentation schématique du modèle de Baron-Cohen (1994)..... 78
Figure 16 : Représentation schématique du modèle de Tomasello et al. (2005)..... 80
Figure 17 : Régions cérébrales associées à l'attention conjointe (reproduit de Mundy & Newell, 2007)..... 82
Figure 18 : Exemples d'essais utilisés dans le paradigme de Posner (1980) 85
Figure 19 : Exemples d'essais de deux adaptations du paradigme de Posner pour étudier l'indiçage par le regard (reproduits de Narison et al., 2020 ; Tipples, 2008)..... 87
Figure 20 : Illustration des stimuli utilisés dans l'étude de Gregory & Hodson (2012) pour étudier l'effet du regard et du pointage. 92
Figure 21 : Illustration de l'expérience de Rohlfing et al. (2012). 94
Figure 22 : Illustration d'un essai valide dans chaque condition de l'expérience de Marotta et al. (2014) 99
Figure 23 : Illustration des conditions de l'étude de Marotta et al. (2017). 100
Figure 24 : Illustration d'un essai valide du paradigme expérimental utilisé par Guo et al. (2019) 101
Figure 25 : Illustration des conditions de l'étude de Temelturk et al. (2023). 102
Figure 26 : Interface de TooN 156
Figure 27 : Exemple de différents types d'essais dans les différentes versions de l'outil. ... 159
Figure 28 : Effets d'indiçage du regard et du pointage (en ms) dans les différentes versions 160
Figure 29 : Effet d'indiçage par le regard et le pointage du doigt chez les enfants de 10 ans et les adultes 163

Index des abréviations

BRIEF	Behavior Rating Inventory of Executive Function
CBCL	Child Behavior Checklist
CFTMEA	Classification Française des Troubles Mentaux de l'Enfant et de l'Adolescent
CIM	Classification Internationale des Maladies
CPT	Conners' Continuous Performance Test
DAD	Direction of Attention Detector
DSDEN-92	Direction des Services Départementaux de l'Education Nationale des Hauts de Seine
DSM	Manuel Diagnostique et Statistique des troubles Mentaux
DT	Développement Typique
EDD	Eye Direction Detector
EEG	Électroencéphalographie
ERT	Empathy Response Task
FÉE	Fonctions Exécutives chez l'Enfant
HAS	Haute Autorité de Santé
HR	Hazard Ratio
ID	Intentionality Detector
IRI	Interpersonal Reactivity Index
KITAP	Test d'Évaluation de l'Attention pour enfants
K-SADS-PL	Schedule for Affective Disorders and Schizophrenia for School-Age Children Present and Lifetime Version
NEPSY	Bilan Neuropsychologique de l'Enfant
NIMH	National Institute of Mental Health
NSU	Négligence Spatiale Unilatérale
PECS-B	Protocole d'Évaluation de la Cognition Sociale de Bordeaux
PRISMA	Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses
QI	Quotient Intellectuel
%RC	Pourcentage de Réponses Correctes
RDoC	Research Domain Criteria

RMET	Reading the Mind in the Eyes Test
SA	Système de Supervision Attentionnelle
SAM	Shared Attention Mechanism
SDQ	Strengths and Difficulties Questionnaire
SOA	Stimulus Onset Aynchrony
SOCIAL	Modèle d'Intégration des Habiletés Sociocognitives
SSRS	Social Skills Rating Scale
STS	Sulcus Temporal Supérieur
TCC	Thérapie Cognitivo-Comportementale
TDAH	Trouble du Déficit de l'Attention avec ou sans Hyperactivité
TDC	Trouble du Développement de la Coordination
TEA-Ch	Test d'Évaluation de l'Attention chez l'enfant
ToMM	Theory of Mind Mechanisms
TooN	Tool for diagnosing other's gaze following in Neuropsychological disorders
TOP	Trouble Oppositionnel avec Provocation
TSA	Trouble du Spectre Autistique
TR	Temps de Réaction
VABS	Vineland Adaptive Behavior Scales
WISC	Wechsler Intelligence Scale for Children

Communications scientifiques

Communications écrites

Haza, B., Gosling, C. J., Ciminaghi, F., Conty, L., & Pinabiaux, C. (2023). *Social Cognition and Everyday Social Skills in Children and Adolescents with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: A Meta-Analysis of Case-Control Studies* [manuscript submitted for publication]. Department of Psychology, Paris Nanterre University.

Schneider, E., & **Haza, B.** (2023). *Managing Apprehension and Cognitive Load During Comprehension of a Complex Dynamic Visualization With Instruction and Pointing Task* [manuscript submitted for publication]. Department of Psychology, Paris Nanterre University.

Haza, B., Mersali, J., Pinabiaux, C. & Conty, L. (2023). *A new tool for evaluating the ability to follow social cues in neuropsychological disorders: normative data for children 6 to 10 years old* [manuscript in preparation]. Department of Psychology, Paris Nanterre University.

Haza, B., Conty, L. & Pinabiaux, C. (2023). *Detecting impairments in social cues following in children with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: validation of a neuropsychological tool* [manuscript in preparation]. Department of Psychology, Paris Nanterre University.

Gosling, C. J., Cortese, S., Solmi, M., **Haza, B.**, Vieta, E., Delorme, R., & Radua, J. (2023). *MetaConvert: an automatic suite for effect size estimation and flexible* [manuscript in preparation]. Department of Psychology, Paris Nanterre University. https://cran.r-project.org/web/packages/metaConvert

Communications orales

Haza, B., Pinabiaux, C., & Conty, L. (2023, 8 juin)**.** *Non-verbal social cues following in ADHD: development of a new clinical tool.* Workshop: Communicating beyond verbal language, Nanterre, France.

Haza, B., Conty, L. & Pinabiaux, C. (2023, 14 avril). *La cognition sociale dans le TDAH : état des lieux et développement d'un test du suivi des indices sociaux non-verbaux*. Journée de la recherche de la fédération EPNR, Nanterre, France.

Haza, B., Pinabiaux, C., & Conty, L. (2023, 11 avril). *Le comportement de suivi des indices sociaux dans le TDA/H : développement et calibrage d'un outil d'évaluation neuropsychologique.* DysCoFérences, Nanterre, France.

Haza, B., Gosling, C., Ciminaghi, F., Conty, L., & Pinabiaux, C. (2022, 23 mai). *Méta-analyse de la reconnaissance des émotions chez l'enfant et l'adolescent atteint d'un trouble du déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDAH)*. Journées de Printemps de la SNLF, Evian-les-Bains, France.

Haza, B., Pinabiaux, C., & Conty, L. (2020, 23 octobre). *Le comportement de suivi du regard et du pointage du doigt d'autrui dans le TDA/H : développement et calibrage d'un outil diagnostique pour neuropsychologues*. Séminaire du laboratoire DysCo, Nanterre, France.

Communications affichées

Haza, B., Pinabiaux, C., & Conty, L. (2023, 9-11 march). *Evaluating the ability to follow social cues in ADHD: calibration of a computerised tool (TooN) in children aged from 6 to 10 years.* International Convention of Psychological Science (ICPS), Brussels, Belgium.

Haza, B., Pinabiaux, C., & Conty, L. (2022, 2 décembre). *Evaluation du comportement de suivi des indices sociaux non-verbaux dans le TDA/H : étalonnage d'un outil neuropsychologique (TooN) chez les enfants de 6 à 10 ans*. Journées d'hiver de la SNLF, Paris, France.

Haza, B., Mersali, J., Pinabiaux, C., & Conty, L. (2022, 13 avril). *Evaluating spatial cueing effects of social cues in children with ADHD: development of a neuropsychological tool*. DysCoFérences, Nanterre, France.

Haza, B., Mersali, J., Pinabiaux, C., & Conty, L. (2021, 4 juin). *Evaluating spatial cueing effects of social cues in children with ADHD: Pretest of three versions of a neuropsychological tool in children without disorders*. Journée de la recherche de la fédération EPNR, Nanterre, France.

Haza, B., Mersali, J., Pinabiaux, C., & Conty, L. (2021, 18-20 november). *Spatial cueing effects of social cues in children with ADHD: Development of an assessment tool*. 7th international congress of clinical and health psychology in children and adolescents, online.

Haza, B., Mersali, J., Pinabiaux, C., & Conty, L. (2021, 26 october). *Evaluating spatial cueing effects of social cues in children with ADHD: Pretest of three versions of a neuropsychological tool in children without disorders*. EMEAC digital day, online.

Annexes

Annexe 1 : Critères diagnostiques du TDAH selon le DSM-5

Source : American Psychiatric Association (2013, p. 67-69)

A. Un mode persistant d'inattention et/ou d'hyperactivité-impulsivité qui interfère avec le fonctionnement ou le développement, caractérisé par (1) et/ou (2) :

1. Inattention : Six (ou plus) des symptômes suivants persistent depuis au moins 6 mois, à un degré qui ne correspond pas au niveau de développement et qui a un retentissement négatif direct sur les activités sociales et scolaires/professionnelles :

N.B. : *Les symptômes ne sont pas seulement la manifestation d'un comportement d'opposition, de provocation ou d'hostilité, ou de l'incapacité de comprendre les tâches ou instructions. Chez les grands adolescents et les adultes (17 ans ou plus), au moins cinq symptômes sont requis.*

- **a.** Souvent, ne parvient pas à prêter attention aux détails ou fait des fautes d'étourderie dans les devoirs scolaires, le travail ou d'autres activités (p. ex. néglige ou ne remarque pas des détails, le travail est imprécis).
- **b.** A souvent du mal à soutenir son attention au travail ou dans les jeux (p. ex. a du mal à rester concentré pendant les cours magistraux, des conversations ou la lecture de longs textes).
- **c.** Semble souvent ne pas écouter quand on lui parle personnellement (p. ex. semble avoir l'esprit ailleurs, même en l'absence d'une source de distraction évidente).
- **d.** Souvent, ne se conforme pas aux consignes et ne parvient pas à mener à terme ses devoirs scolaires, ses tâches domestiques ou ses obligations professionnelles (p. ex. commence des tâches mais se déconcentre vite et se laisse facilement distraire).
- **e.** A souvent du mal à organiser ses travaux ou ses activités (p. ex. difficulté à gérer des tâches comportant plusieurs étapes, à garder ses affaires et ses documents en ordre, travail brouillon ou désordonné, mauvaise gestion du temps, échoue à respecter les délais).
- **f.** Souvent, évite, a en aversion, ou fait à contrecœur les tâches qui nécessitent un effort mental soutenu (p. ex. le travail scolaire ou les devoirs à la maison ; chez les grands

adolescents et les adultes, préparer un rapport, remplir des formulaires, analyser de longs articles).

g. Perd souvent les objets nécessaires à son travail ou à ses activités (p. ex. matériel scolaire, crayons, livres, outils, portefeuilles, clés, documents, lunettes, téléphones mobiles).

h. Se laisse souvent facilement distraire par des stimuli externes (chez les grands adolescents et les adultes, il peut s'agir de pensées sans rapport).

i. A des oublis fréquents dans la vie quotidienne (p. ex. effectuer les tâches ménagères et faire les courses ; chez les grands adolescents et les adultes, rappeler des personnes au téléphone, payer des factures, honorer des rendez-vous).

2. Hyperactivité et impulsivité : Six (ou plus) des symptômes suivants persistent depuis au moins 6 mois, à un degré qui ne correspond pas au niveau de développement et qui a un retentissement négatif direct sur les activités sociales et scolaires/professionnelles :

N.B. : *Les symptômes ne sont pas seulement la manifestation d'un comportement d'opposition, de provocation ou d'hostilité, ou de l'incapacité de comprendre les tâches ou instructions. Chez les grands adolescents et les adultes (17 ans ou plus), au moins cinq symptômes sont requis.*

a. Remue souvent les mains ou les pieds, ou se tortille sur son siège.

b. Se lève souvent en classe ou dans d'autres situations où il est supposé rester assis (p. ex. quitte sa place en classe, au bureau ou dans un autre lieu de travail, ou dans d'autres situations où il est censé rester en place).

c. Souvent, court ou grimpe partout, dans des situations où cela est inapproprié (N.B. : Chez les adolescents ou les adultes cela peut se limiter à un sentiment d'impatience motrice).

d. Est souvent incapable de se tenir tranquille dans les jeux ou les activités de loisir.

e. Est souvent « sur la brèche » ou agit souvent comme s'il était « monté sur ressorts » (p. ex. n'aime pas rester tranquille pendant un temps prolongé ou est alors mal à l'aise, comme au restaurant ou dans une réunion, peut être perçu par les autres comme impatient ou difficile à suivre).

f. Parle souvent trop.

g. Laisse souvent échapper la réponse à une question qui n'est pas encore entièrement posée (p. ex. termine les phrases des autres, ne peut pas attendre son tour dans une conversation).

h. A souvent du mal à attendre son tour (p. ex. dans une file d'attente).

i. Interrompt souvent les autres ou impose sa présence (p. ex. fait irruption dans les conversations, les jeux ou les activités, peut se mettre à utiliser les affaires des autres sans le demander ou en recevoir la permission ; chez les adolescents ou les adultes, peut être intrusif et envahissant dans les activités des autres).

B. Plusieurs symptômes d'inattention ou d'hyperactivité-impulsivité étaient présents avant l'âge de 12 ans.

C. Plusieurs symptômes d'inattention ou d'hyperactivité-impulsivité sont présents dans au moins deux contextes différents (p. ex. à la maison, à l'école, ou au travail ; avec des amis ou de la famille ; dans d'autres activités).

D. On doit mettre clairement en évidence que les symptômes interfèrent avec ou réduisent la qualité du fonctionnement social, scolaire ou professionnel.

E. Les symptômes ne surviennent pas exclusivement au cours d'une schizophrénie ou d'un autre trouble psychotique, et ils ne sont pas mieux expliqués par un autre trouble mental (p.ex. trouble de l'humeur, trouble anxieux, trouble dissociatif, trouble de la personnalité, intoxication par, ou sevrage d'une substance).

Spécifier le type :

- **Présentation combinée :** Si à la fois le critère A1 (inattention) et le critère A2 (hyperactivité-impulsivité) sont remplis pour les 6 derniers mois.
- **Présentation inattentive prédominante :** Si, pour les 6 derniers mois, le critère A1 (inattention) est rempli mais pas le critère A2 (hyperactivité-impulsivité).
- **Présentation hyperactive/impulsive prédominante :** Si, pour les 6 derniers mois, le critère A2 (hyperactivité-impulsivité) est rempli mais pas le critère A1 (inattention).

Spécifier si :

- **En rémission partielle :** Lorsqu'au cours des 6 derniers mois l'ensemble des critères pour poser le diagnostic ne sont plus réunis alors qu'ils l'étaient auparavant, et que les symptômes continuent à entraîner une altération du fonctionnement social, scolaire ou professionnel.

Spécifier la sévérité actuelle :

- **Léger :** Peu de symptômes, ou aucun, sont présents au-delà de ceux requis au minimum pour poser le diagnostic, et les symptômes n'entraînent que des altérations mineures du fonctionnement social ou professionnel.
- **Moyen :** Les symptômes ou l'altération fonctionnelle sont présents sous une forme intermédiaire entre « léger » et « grave ».
- **Grave :** Plusieurs symptômes sont présents au-delà de ceux requis pour poser le diagnostic, ou plusieurs symptômes particulièrement graves sont présents, ou les symptômes entraînent une altération marquée du fonctionnement social ou professionnel.

Annexe 2 : Stratégies de recherche

Termes exacts pour les recherches effectuées dans trois bases de données (i.e., PubMed, PsychInfo et Embase) en juillet 2022.

Base de données	Stratégie de recherche
PubMed	(child[mesh] OR adolescent[mesh] OR child*[tw] OR adolescen*[tw] OR youth*[tw]) AND (attention deficit disorder with hyperactivity[mesh] OR attention* deficit*[tw] OR ADHD[tw] OR hyperkine*[tw]) AND (social cognition[mesh] OR mentalization[mesh] OR theory of mind[mesh] OR empathy[mesh] OR facial recognition[mesh] OR social skills[mesh] OR socialization[mesh] OR social perception[mesh] OR social skill*[tw] OR socio-emot*[tw] OR social competence*[tw] OR socialization[tw] OR social interaction*[tw] OR social abilit*[tw] OR interpersonal skill*[tw] OR social cognit*[tw] OR socio-cognitive[tw] OR theory of mind[tw] OR ToM[tw] OR empath*[tw] OR ((facial*[tw]) AND (affect*[tw] OR emotion*[tw] OR recognition[tw])) OR ((affect*[tw] OR emotion*[tw]) AND (perception[tw] OR recognition[tw])) OR "Reading the Mind in the Eyes Test"[tw] OR RMET[tw] OR "faux pas"[tw] OR "Interpersonal Reactivity Index"[tw] OR IRI[tw] OR "Diagnostic Analysis of Non Verbal Accuracy"[tw] OR DANVA[tw] OR "Strengths and Difficulties Questionnaire"[tw] OR SDQ[tw] OR Vineland[tw] OR "Social Responsiveness Scale"[tw] OR SRS[tw] OR "Behavior Assessment System for Children"[tw] OR BASC[tw])

PsychInfo	((TI child*) OR (AB child*) OR (TI adolescen*) OR (AB adolescen*) OR (TI youth*) OR (AB youth*)) AND (DE "Attention Deficit Disorder" OR DE "Attention Deficit Disorder with Hyperactivity" OR (TI attention* deficit*) OR (AB attention* deficit*) OR (TI ADHD) OR (AB ADHD) OR (TI hyperkine*) OR (AB hyperkine*)) AND (DE "Social Cognition" OR DE "Social Communication" OR DE "Social Functioning" OR DE "Social Perception" OR DE "Social Skills" OR DE "Socialization" OR DE "Social Cognition" OR DE "Mentalization" OR DE "Social Categorization" OR DE "Social Communication" OR DE "Social Functioning" OR DE "Social Skills" OR MM"Socialization" OR (TI Diagnostic Analysis of Non Verbal Accuracy) OR (AB Diagnostic Analysis of Non Verbal Accuracy) OR (TI DANVA) OR (AB DANVA) OR (TI Strengths and Difficulties Questionnaire) OR (AB Strengths and Difficulties Questionnaire) OR (TI SDQ) OR (AB SDQ) OR (TI Vineland) OR (AB Vineland) OR (TI Social Responsiveness Scale) OR (AB Social Responsiveness Scale) OR (TI SRS) OR (AB SRS) OR (TI Behavior Assessment System for Children) OR (AB Behavior Assessment System for Children) OR (TI BASC) OR (AB BASC) OR (TI Interpersonal Reactivity Index) OR (AB Interpersonal Reactivity Index) OR (TI Reading the Mind in the Eyes Test) OR (AB Reading the Mind in the Eyes Test) OR (TI RMET) OR (AB RMET) OR (TI faux pas) OR (AB faux pas) OR (TI interpersonal skill*) OR (AB interpersonal skill*) OR (TI theory of mind) OR (AB theory of mind) OR (TI ToM) OR (AB ToM) OR (TI empath*) OR (AB empath*) OR (TI affect* perception) OR (AB affect* perception) OR (TI affect* recognition) OR (AB affect* recognition) OR (TI emotion* perception) OR (AB emotion* perception) OR (TI emotion* recognition) OR (AB emotion* recognition) OR (TI social abilit*) OR (AB social abilit*) OR (TI social skill*) OR (AB social skill*) OR (TI social competence*) OR (AB social competence*) OR (TI socialization) OR (AB socialization))
Embase	('child'/exp OR 'adolescent'/exp OR ‘child*’:ti,ab,kw OR ‘adolescen*’:ti,ab,kw OR ‘youth*’:ti,ab,kw) AND ('attention deficit disorder'/exp OR ‘attention* deficit*’:ti,ab,kw OR ‘ADHD’:ti,ab,kw OR ‘hyperkine*’:ti,ab,kw) AND ('social cognition'/exp OR 'theory of mind'/exp OR 'empathy'/exp OR 'facial recognition'/exp OR 'social competence'/exp OR

	'socialization'/exp OR 'mentalization'/exp OR ‘social skill*’:ti,ab,kw OR ‘socio-emot*’:ti,ab,kw OR ‘social competence*’:ti,ab,kw OR ‘socialization’:ti,ab,kw OR ‘social interaction*’:ti,ab,kw OR ‘social abilit*’:ti,ab,kw OR ‘interpersonal skill*’:ti,ab,kw OR ‘social cognit*’:ti,ab,kw OR ‘socio-cognitive’:ti,ab,kw OR ‘theory of mind’:ti,ab,kw OR ‘ToM’:ti,ab,kw OR ‘empath*’:ti,ab,kw OR ((‘facial*’:ti,ab,kw) AND (‘affect*’:ti,ab,kw OR ‘emotion*’:ti,ab,kw OR ‘recognition’:ti,ab,kw)) OR ((‘affect*’:ti,ab,kw OR ‘emotion*’:ti,ab,kw) AND (‘perception’:ti,ab,kw OR ‘recognition’:ti,ab,kw)) OR ‘Reading the Mind in the Eyes Test’:ti,ab,kw OR ‘RMET’:ti,ab,kw OR ‘faux pas’:ti,ab,kw OR ‘Interpersonal Reactivity Index’:ti,ab,kw OR ‘IRI’:ti,ab,kw OR ‘Diagnostic Analysis of Non Verbal Accuracy’:ti,ab,kw OR ‘DANVA’:ti,ab,kw OR ‘Strengths and Difficulties Questionnaire’:ti,ab,kw OR ‘SDQ’:ti,ab,kw OR ‘Vineland’:ti,ab,kw OR ‘Social Responsiveness Scale’:ti,ab,kw OR ‘SRS’:ti,ab,kw OR ‘Behavior Assessment System for Children’:ti,ab,kw OR ‘BASC’:ti,ab,kw)

Annexe 3 : Checklist PRISMA

Source : Page et al. (2021). Pour plus d'informations, visitez : http://www.prisma-statement.org/

Section and Topic	Item #	Checklist item	Location where item is reported
TITLE			
Title	1	Identify the report as a systematic review.	p. 1
ABSTRACT			
Abstract	2	See the PRISMA 2020 for Abstracts checklist.	p. 2
INTRODUCTION			
Rationale	3	Describe the rationale for the review in the context of existing knowledge.	p. 4-7
Objectives	4	Provide an explicit statement of the objective(s) or question(s) the review addresses.	p. 6-7
METHODS			
Eligibility criteria	5	Specify the inclusion and exclusion criteria for the review and how studies were grouped for the syntheses.	p. 7-8
Information sources	6	Specify all databases, registers, websites, organisations, reference lists and other sources searched or consulted to identify studies. Specify the date when each source was last searched or consulted.	p. 7
Search strategy	7	Present the full search strategies for all databases, registers and websites, including any filters and limits used.	Supplementary Table 2
Selection process	8	Specify the methods used to decide whether a study met the inclusion criteria of the review, including how many reviewers screened each record and each report retrieved, whether they worked independently, and if applicable, details of automation tools used in the process.	p. 8-9
Data collection process	9	Specify the methods used to collect data from reports, including how many reviewers collected data from each report, whether they worked independently, any processes for obtaining or confirming data from study investigators, and if applicable, details of automation tools used in the process.	p. 9
Data items	10a	List and define all outcomes for which data were sought. Specify whether all results that were compatible with each outcome domain in each study were sought (e.g. for all measures, time points, analyses), and if not, the methods used to decide which results to collect.	p. 8 and Supplementary Table 4
	10b	List and define all other variables for which data were sought (e.g. participant and intervention characteristics, funding sources). Describe any assumptions made about any missing or unclear information.	p. 9

Section and Topic	Item #	Checklist item	Location where item is reported
Study risk of bias assessment	11	Specify the methods used to assess risk of bias in the included studies, including details of the tool(s) used, how many reviewers assessed each study and whether they worked independently, and if applicable, details of automation tools used in the process.	p. 9
Effect measures	12	Specify for each outcome the effect measure(s) (e.g. risk ratio, mean difference) used in the synthesis or presentation of results.	p. 10
Synthesis methods	13a	Describe the processes used to decide which studies were eligible for each synthesis (e.g. tabulating the study intervention characteristics and comparing against the planned groups for each synthesis (item #5)).	p. 10-11
	13b	Describe any methods required to prepare the data for presentation or synthesis, such as handling of missing summary statistics, or data conversions.	p. 10-11
	13c	Describe any methods used to tabulate or visually display results of individual studies and syntheses.	p. 12
	13d	Describe any methods used to synthesize results and provide a rationale for the choice(s). If meta-analysis was performed, describe the model(s), method(s) to identify the presence and extent of statistical heterogeneity, and software package(s) used.	p. 10-11
	13e	Describe any methods used to explore possible causes of heterogeneity among study results (e.g. subgroup analysis, meta-regression).	p. 11-12
	13f	Describe any sensitivity analyses conducted to assess robustness of the synthesized results.	p. 10-12
Reporting bias assessment	14	Describe any methods used to assess risk of bias due to missing results in a synthesis (arising from reporting biases).	N/A
Certainty assessment	15	Describe any methods used to assess certainty (or confidence) in the body of evidence for an outcome.	p. 10-11
RESULTS			
Study selection	16a	Describe the results of the search and selection process, from the number of records identified in the search to the number of studies included in the review, ideally using a flow diagram.	p. 12 and Figure 1
	16b	Cite studies that might appear to meet the inclusion criteria, but which were excluded, and explain why they were excluded.	p. 8 and Supplementary Table 3
Study characteristics	17	Cite each included study and present its characteristics.	Supplementary Table 5
Risk of bias in studies	18	Present assessments of risk of bias for each included study.	p. 9 and Supplementary Material
Results of individual studies	19	For all outcomes, present, for each study: (a) summary statistics for each group (where appropriate) and (b) an effect estimate and its precision (e.g. confidence/credible interval), ideally using structured tables or plots.	Supplementary Material

Section and Topic	Item #	Checklist item	Location where item is reported
Results of syntheses	20a	For each synthesis, briefly summarise the characteristics and risk of bias among contributing studies.	Supplementary Material
	20b	Present results of all statistical syntheses conducted. If meta-analysis was done, present for each the summary estimate and its precision (e.g. confidence/credible interval) and measures of statistical heterogeneity. If comparing groups, describe the direction of the effect.	p. 13, Figure 2 and Supplementary Material
	20c	Present results of all investigations of possible causes of heterogeneity among study results.	p. 13-15 and Supplementary Material
	20d	Present results of all sensitivity analyses conducted to assess the robustness of the synthesized results.	p. 13-14 and Supplementary Material
Reporting biases	21	Present assessments of risk of bias due to missing results (arising from reporting biases) for each synthesis assessed.	N/A
Certainty of evidence	22	Present assessments of certainty (or confidence) in the body of evidence for each outcome assessed.	p. 13-14
DISCUSSION			
Discussion	23a	Provide a general interpretation of the results in the context of other evidence.	p. 15-18
	23b	Discuss any limitations of the evidence included in the review.	p. 17-18
	23c	Discuss any limitations of the review processes used.	p. 17-18
	23d	Discuss implications of the results for practice, policy, and future research.	p. 18-19
OTHER INFORMATION			
Registration and protocol	24a	Provide registration information for the review, including register name and registration number, or state that the review was not registered.	p. 7
	24b	Indicate where the review protocol can be accessed, or state that a protocol was not prepared.	p. 7
	24c	Describe and explain any amendments to information provided at registration or in the protocol.	p. 8
Support	25	Describe sources of financial or non-financial support for the review, and the role of the funders or sponsors in the review.	Online
Competing interests	26	Declare any competing interests of review authors.	Online
Availability of data, code and other materials	27	Report which of the following are publicly available and where they can be found: template data collection forms; data extracted from included studies; data used for all analyses; analytic code; any other materials used in the review.	Raw data and analytic code are available in Supplementary Material

Annexe 4 : Caractéristiques socio-culturelles de l'échantillon d'étalonnage

Notre échantillon de calibration se composait de 339 enfants tout-venants âgés de 6 à 10 ans, représentant une variété d'environnements scolaires. Afin d'assurer une représentation adéquate de l'origine socio-culturelle des enfants issus de la population générale, nous avons diversifié la localisation géographique et les caractéristiques des établissements scolaires. Les 15 écoles publiques concernées par l'étalonnage étaient réparties dans plusieurs villes d'Île-de-France (Asnières-sur-Seine, Cergy, Colombes, Courbevoie, Nanterre, Paris et Rueil-Malmaison). Ces écoles présentaient des environnements variés en termes de localisation et d'appartenance ou non à un réseau d'éducation prioritaire (REP ; cf. Tableau 1).

Tableau 1 : Caractéristiques des établissements scolaires.

Ville	Nom de l'école	Niveaux concernés
Asnières-sur Seine	Descartes (REP)	CP, CE1, CE2 et CM2
	Jules Ferry (non REP)	CP et CE1
	Mauriceau (non REP)	CP et CM2
Cergy	Le Hazay (non REP)	CP, CM1 et CM2
Colombes	Charles Peguy (REP)	CP, CE1 et CM2
	Jean Jacques Rousseau (REP)	CP, CE2 et CM1
	La Tour d'Aubergne (REP)	Tous les niveaux
Courbevoie	La Bruyère (non REP)	Tous les niveaux
	Saint Exupéry (non REP)	CE1, CE2, CM1 et CM2
Nanterre	Maxime Gorki (REP)	CP, CE1 et CM1
Paris	François Coppée (non REP)	CP et CM1
	Fondary (non REP)	Tous les niveaux
	Cherbourg (non REP)	CE2
Rueil-Malmaison	Claude Monet (non REP)	CM1
	Tuck Stell (non REP)	CP, CE1 et CE2

Le niveau d'études des parents a été renseigné en nous appuyant sur les catégories définies par INSEE (2020)[59]. Le niveau d'études supérieur des deux parents a été sélectionné, ce qui a conduit à une classification en six groupes distincts (cf. Tableau 2) :

- 1 = Aucun diplôme (ou pas d'obtention du brevet des collèges)
- 2 = Brevet des collèges
- 3 = CAP, BEP ou équivalent
- 4 = Baccalauréat, brevet professionnel ou équivalent
- 5 = Diplôme du supérieur court (niveau BAC+2)
- 6 = Diplôme du supérieur long (supérieur à BAC+2)

Tableau 2 : Caractéristiques de l'échantillon d'étalonnage (âge, sexe et niveau d'études parental).

Groupe d'âge	Âge moyen (écart-type)	Nombre de filles (%)	Niveau d'études parental (%)					
			1	2	3	4	5	6
6 ans (n = 67)	78 (3,2)	37 (55 %)	0 %	4 %	3 %	16 %	12 %	64 %
7 ans (n = 69)	90 (3,8)	26 (38 %)	4 %	4 %	4 %	14 %	7 %	65 %
8 ans (n = 76)	102 (3,3)	45 (59 %)	8 %	5 %	5 %	18 %	14 %	49 %
9 ans (n = 64)	113 (3,0)	33 (52 %)	5 %	2 %	2 %	17 %	9 %	66 %
10 ans (n = 63)	125 (3,7)	28 (44 %)	3 %	2 %	3 %	13 %	17 %	62%
Total (n = 339)	101 (16,7)	169 (50%)	4 %	4 %	1 %	16 %	12 %	61 %

[59] Les données de l'INSEE sur le niveau d'éducation de la population peuvent être consultées sur ce lien : https://www.insee.fr/fr/statistiques/4797586?sommaire=4928952