

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

ESSAI DE 3^E CYCLE PRÉSENTÉ À
L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES

COMME EXIGENCE PARTIELLE
DU DOCTORAT EN PSYCHOLOGIE
(PROFIL INTERVENTION)

PAR
KIMBERLY HARRISON

PROCESSUS COGNITIFS ASSOCIÉS AU TROUBLE D'ACQUISITION DE LA
COORDINATION

MAI 2017

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

L'auteur de ce mémoire ou de cette thèse a autorisé l'Université du Québec à Trois-Rivières à diffuser, à des fins non lucratives, une copie de son mémoire ou de sa thèse.

Cette diffusion n'entraîne pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits de propriété intellectuelle, incluant le droit d'auteur, sur ce mémoire ou cette thèse. Notamment, la reproduction ou la publication de la totalité ou d'une partie importante de ce mémoire ou de cette thèse requiert son autorisation.

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES

Cet essai de 3^e cycle a été dirigée par :

Annie Stipanivic, Ph.D., directrice de recherche

Université du Québec à Trois-Rivières

Noémi Cantin, Ph.D., co-directrice de recherche

Université du Québec à Trois-Rivières

Jury d'évaluation de l'essai :

Annie Stipanivic, Ph.D.

Université du Québec à Trois-Rivières

Pierre Nolin, Ph.D.

Université du Québec à Trois-Rivières

Rose Martini, Ph.D.

Université d'Ottawa

Sommaire

Les enfants qui présentent un trouble d'acquisition de la coordination (TAC) se distinguent de leurs pairs au développement typique par leurs difficultés motrices qui nuisent significativement à leur fonctionnement quotidien ainsi qu'à leur réussite scolaire. Toutefois, au-delà de leurs caractéristiques motrices, il semble que ces enfants partagent d'autres caractéristiques communes, notamment sur le plan cognitif. En fait, c'est ce que suggèrent plusieurs travaux de recherche réalisés, jusqu'à maintenant, qui associent des déficits de la perception visuelle et des fonctions exécutives aux enfants TAC. Il s'avère, en effet, important de tenter de caractériser le trouble autrement, puisque les critères de définition qui prévalent actuellement pour le trouble (critères DSM), reposent uniquement sur des caractéristiques motrices et, en ce sens, demeurent trop inclusifs. À l'aide d'une recension exhaustive des écrits scientifiques, le présent travail avait donc pour objectif de vérifier si l'état des connaissances actuelles permettait réellement de supporter la présence des déficits cognitifs associés au TAC. Les résultats obtenus suggèrent que la littérature ne permet pas d'établir un lien entre un déficit visuo-perceptif et la population ciblée, alors qu'elle supporte un déficit des fonctions exécutives chez les enfants TAC, notamment au niveau de l'inhibition. Ce constat pourrait permettre de mieux outiller les professionnels qui évaluent le trouble, en plus d'offrir des pistes d'interventions complémentaires aux approches déjà utilisées auprès des enfants TAC.

Table des matières

Sommaire	iii
Liste des tableaux	vi
Remerciements	vii
Introduction	1
Contexte théorique	7
Caractéristiques motrices du TAC	8
Autres caractéristiques communes du TAC	13
Fonctions et évaluation neuropsychologique des voies visuo-perceptives	18
Habilités visuo-perceptives sans composante motrice	21
Habilités visuo-perceptives avec composante motrice	22
Fonctions exécutives et évaluation neuropsychologique	22
Inhibition	26
Flexibilité cognitive	28
Mémoire de travail	29
Fonctions attentionnelles	30
Planification	33
Fluence	34
Objectif et question de recherche	35
Méthode	36
Sélection des articles recensés	37
Critères d'inclusion des articles recensés	38

Critères d'exclusion des articles recensés	42
Extraction et analyses de données	44
Caractéristiques descriptives des groupes	44
Mesures	45
Résultats	47
Résultats	49
Habilités visuo-perceptives	50
Mesures d'habiletés visuo-perceptives (avec ou sans composante motrice)	54
Fonctions exécutives	58
Mesures d'inhibition	64
Mesures d'inhibition et autres mesures de fonctions exécutives	78
Discussion	89
Les habiletés de visuo-perceptive des enfants TAC	90
Lacunes des études mesurant les habiletés visuo-perceptives	92
Les fonctions exécutives des enfants TAC	99
Variabilité des performances exécutives des enfants TAC : exploration des facteurs de causes possibles	102
Forces et limites	114
Conclusion	117
Références	121

Liste des tableaux

Tableau

- 1 Critères de sélection des groupes de participants clinique TAC retenus 40
- 2 Synopsis des études comparant les habiletés visuo-perceptives de groupes TAC à celui de groupes contrôles 52
- 3 Synopsis des études comparant les fonctions exécutives de groupes TAC à celui de groupes contrôles..... 60

Remerciements

Tout d'abord, un merci tout spécial à mes deux directrices de recherche, Madame Annie Stipanivic et Madame Noémi Cantin, respectivement professeures au département de psychologie et d'ergothérapie de l'Université du Québec à Trois-Rivières, pour votre temps accordé ainsi que pour avoir su si bien alimenter mon processus de réflexion. Votre compétence scientifique et votre souci du travail bien fait m'auront permis de me dépasser tant professionnellement que personnellement.

Merci également à ma famille, à mes amies, ainsi qu'à mon conjoint Philip, pour votre présence dans ma vie ainsi que pour votre support et vos encouragements, pendant la rédaction de ce travail et également tout au long de mon parcours académique. Vous avez tous, à votre manière, contribué à ce projet.

Introduction

En neuropsychologie clinique, les troubles de la motricité ne font pas partie des motifs de consultation à proprement parler. Toutefois, dans le cadre de son travail, le clinicien peut à l'occasion constater, chez un certain nombre d'enfants, des difficultés qui affectent la coordination motrice. En effet, certains enfants apparaissent plus maladroits lors de la réalisation d'épreuves qui exigent la manipulation du crayon ou de matériel, mais également en dehors du contexte d'évaluation, lors des déplacements et à l'habillement, par exemple. Or, ceci n'est pas étonnant, puisque les troubles de la coordination motrice constituent une des problématiques les plus fréquentes chez les enfants d'âge scolaire (Wann, 2007). Il est en effet estimé qu'environ 5 à 6% des enfants présentent de faibles habiletés motrices qui ne peuvent être expliquées par une condition médicale, physiologique ou neurologique.

Au Québec, les enfants qui rencontrent de telles difficultés portent souvent le diagnostic de « dyspraxie ». Or, dans la littérature, le « trouble d'acquisition de la coordination » (TAC) du DSM IV-TR¹ (APA, 2000) prédomine, depuis qu'il a été adopté par consensus international en 1994 (Polatajko, Fox, & Missiuna, 1995), pour désigner l'ensemble des enfants qui présentent des difficultés significatives liées à l'apprentissage et à la réalisation d'activités motrices de la vie courante, tels que

¹ Bien que le terme trouble développemental de la coordination soit privilégié dans la plus récente édition de la classification DSM-V, au Québec, le terme TAC est de plus en plus utilisé et sera donc adopté pour le présent travail.

s'habiller, manger, écrire et manipuler un ballon (Geuze, Jongmans, Schoemaker, & Smits-Engelsman, 2001). Ces difficultés motrices entravent significativement le fonctionnement quotidien ainsi que la réussite scolaire et affectent plus souvent les garçons que les filles, dans un ratio variant de 2:1 à 7:1, selon les cohortes étudiées (Zwicker, Missiuna, Harris, & Boyd, 2012). Bien que souvent repérées à l'enfance, la littérature tend à démontrer que les difficultés motrices persistent à l'âge adulte, conditionnant grandement la qualité de vie de ceux qui en sont atteints (Kirby, Williams, Thomas, & Hill, 2013; Missiuna, Moll, King, Stewart, & Macdonald, 2008; Sugden, Kirby, & Dunford, 2008; Visser, 2003). En effet, vécues au quotidien, les difficultés motrices des enfants TAC ont des répercussions importantes dans toutes les sphères de leur vie (Zwicker, Harris, & Klassen, 2013). De façon générale, ils sont souvent perçus comme étant moins autonomes que leurs pairs au développement neurotypique, puisqu'ils requièrent davantage d'accompagnement pour accomplir des tâches qui nécessitent une bonne coordination motrice. Étant moins adroits, les enfants qui présentent un TAC connaissent aussi davantage d'isolement social, investissant généralement moins dans les activités et les sports organisés (Dunford, Missiuna, Street, & Sibert, 2005; Mandich, Buckolz, & Polatajko, 2003; Missiuna, Moll, King, King, & Law, 2007; Zhu et al., 2014). Sur le plan scolaire, les enfants TAC sont également moins performants que les autres élèves en classe d'éducation physique et au niveau de travaux qui exigent de l'écriture, en lien avec des difficultés persistantes sur le plan graphomoteur (Missiuna et al., 2008; Wang, Tseng, Wilson, & Hu, 2009). L'ensemble de leurs difficultés rend les enfants présentant un TAC plus à risques de décrochage scolaire, ce

qui engendre des conséquences et des coûts considérables pour la société (Lansford, Dodge, Pettit, & Bates, 2016).

À ce jour, les raisons pour lesquelles certains enfants présentent de telles difficultés motrices demeurent inconnues et, bien qu'il s'agisse d'un trouble neurodéveloppemental, aucun substrat neurologique ne lui a encore été associé de façon définitive (Biotteau et al., 2016; Kashiwagi, Iwaki, Narumi, Tamai, & Suzuki, 2009; Mariën, Wackenier, De Surgeloose, De Deyn, & Verhoeven, 2010; Zwicker, Missiuna, Harris, & Boyd, 2010). Par conséquent, en recherche, les faibles habiletés motrices demeurent le principal moyen d'identifier et d'étudier les enfants ayant un TAC. Toutefois, les critères qui prévalent présentement pour le diagnostic (critères DSM) laissent place à interprétation, ce qui engendre une variabilité dans la façon dont les chercheurs les opérationnalisent. Par conséquent, les groupes de recherches constitués d'enfants atteints de TAC forment une population hétérogène (Geuze et al., 2001) à laquelle d'autres troubles neurodéveloppementaux (attentionnels, langagiers, dyslexie, dyscalculie, etc.) sont aussi fréquemment associés (Dewey, Kaplan, Crawford, & Wilson, 2002), ce qui complexifie également le tableau clinique. Il apparaît donc important de tenter d'identifier ce qui pourrait permettre de caractériser le TAC, au-delà des difficultés motrices qui lui sont typiquement associées.

Depuis quelques années, un intérêt grandissant quant aux processus cognitifs des enfants TAC peut être constaté, alors que les publications se font de plus en plus

nombreuses sur le sujet (Wilson, Ruddock, Smits-Engelsman, Polatajko, & Blank, 2013). À cet effet, les résultats de certains travaux d'influence suggèrent que des déficits cognitifs pourraient être associés aux enfants TAC, notamment sur le plan de la perception visuelle et sur le plan des fonctions exécutives (Wilson & McKenzie, 1998; Wilson et al., 2013). Cependant, les groupes cliniques identifiés dans le cadre de ces recherches forment un ensemble généralement assez hétérogène d'enfants ayant des problèmes de la coordination motrice. Or, la venue de nouvelles lignes directrices pour l'identification du TAC, au cours des dernières années, a apporté des précisions quant à la façon d'opérationnaliser les critères diagnostiques qui prévalent actuellement pour le trouble (Blank, Smits-Engelsman, Polatajko, & Wilson, 2012). Il semble donc pertinent de vérifier si l'état des connaissances actuelles permet toujours de supporter un déficit cognitif chez les enfants atteints de TAC, lorsque ceux-ci correspondent aux critères d'identification proposés par ces lignes directrices.

À l'aide d'une revue exhaustive, le présent travail vérifiera donc si l'ensemble des écrits scientifiques qui se sont attardés spécifiquement aux enfants TAC pointent réellement vers des déficits cognitifs. En outre, les fonctions visuo-perceptives et les fonctions exécutives seront principalement explorées, puisqu'il a déjà été suggéré, lors de recherches antérieures, que ces fonctions pourraient être impliquées dans le TAC. Ainsi, une connaissance plus approfondie du fonctionnement cognitif des enfants TAC pourrait fournir de nouvelles pistes pour caractériser le trouble, au-delà des caractéristiques motrices qui lui sont typiquement associées. D'un point de vue clinique,

cela pourrait également avoir des répercussions sur les approches d'interventions utilisées auprès de cette population clinique.

D'abord, le contexte théorique permettra de mieux définir la problématique de cette recherche. Ensuite, la méthode préconisée pour identifier des études ayant mesuré les processus cognitifs d'enfants TAC qui correspondent à certains critères d'identification sera détaillée, avant de présenter les principaux résultats obtenus. Puis, une discussion permettra d'analyser les résultats, en tentant d'apporter un éclairage sur ce qui pourrait caractériser le trouble sur le plan cognitif. Enfin, une conclusion viendra clore ce travail tout en abordant les retombées cliniques associées.

Contexte théorique

Afin de bien cerner la problématique de cette recherche, cette section se subdivisera en deux parties. D'abord les différentes caractéristiques du trouble seront présentées, tout en abordant davantage les principaux travaux qui ont étudié les processus cognitifs des enfants TAC. Ces travaux permettront de voir que des déficits cognitifs pourraient être associés aux enfants TAC, notamment au niveau de la perception visuelle et sur le plan des fonctions exécutives. La deuxième section définira donc les fonctions visuo-perceptives et les fonctions exécutives, selon des cadres théoriques reconnus en neuropsychologie, tout en abordant brièvement les principaux instruments d'évaluation neuropsychologique pour les mesurer.

Caractéristiques motrices du TAC

Contrairement à l'enfant qui apprend aisément et de façon spontanée, l'enfant qui présente un TAC, autrefois qualifié d'enfant « maladroit », connaît d'importantes difficultés dans la réalisation d'activités de la vie courante qui requièrent une bonne coordination motrice, comme par exemple s'habiller, manger, écrire ou manipuler un ballon. À l'heure actuelle, les critères diagnostiques menant à l'identification du TAC proviennent de la classification du DSM-IV-TR² (APA, 2000, p. 54-55), qui définit le trouble selon quatre critères diagnostiques (A, B, C, D). Ceux-ci sont :

² Le document a été rédigé au moment où l'édition du DSM-IV-TR prévalait

- A. Les performances dans les activités quotidiennes nécessitant une bonne coordination motrice sont nettement au-dessous du niveau escompté compte tenu de l'âge chronologique du sujet et de son niveau intellectuel mesuré. Cela peut se traduire par des retards importants dans le développement psychomoteur (p. ex., ramper, s'asseoir, marcher), par le fait de laisser tomber des objets, par de la « maladresse », de mauvaises performances sportives ou une mauvaise écriture.
- B. La perturbation décrite dans le critère A interfère de façon significative avec la réussite scolaire ou les activités de la vie courante.
- C. La perturbation n'est pas due à une affection médicale générale (p.ex. infirmité motrice cérébrale, hémiplégie ou dystrophie musculaire) et ne répond pas aux critères d'un trouble envahissant du développement (TED).
- D. S'il existe un retard mental, les difficultés motrices dépassent celles habituellement associées à celui-ci.

Ainsi, les difficultés de coordination motrice constituent une des caractéristiques centrales du TAC, qui se manifestent au quotidien par une multitude de problèmes affectant l'autonomie et la réussite scolaire. D'ailleurs, certains chercheurs ont démontré, lors d'une recension systématique, que les problèmes les plus fréquemment rencontrés chez les enfants TAC concernent une pauvre écriture (calligraphie), de faibles performances en éducation physique, des difficultés à s'habiller ainsi qu'une diminution générale de la participation sportive (Magalhães, Cardoso, & Missiuna, 2011).

Toutefois, et malgré certaines similitudes sur le plan de la coordination motrice, bon nombre de chercheurs et de cliniciens constatent des différences à l'intérieur d'un même groupe d'enfants atteints de TAC (Dewey & Wilson, 2001; Vaivre-Douret, 2014; Visser, 2003). D'abord, sur le plan moteur, plusieurs auteurs relèvent que l'étendue des difficultés rencontrées peut varier d'un enfant TAC à un autre (Piek & Skinner, 1999; Smits-Engelsman, Niemeijer, & van Galen, 2001; Visser, 2003). Alors que certains d'entre eux présentent des problèmes de la motricité globale, soit de l'équilibre, de la posture, des déplacements et du maniement de ballons, d'autres connaissent plutôt des problèmes dans les activités de motricité fine, soit des activités qui exigent des mouvements de précision, comme écrire, nouer des lacets ou se servir d'ustensiles pour manger. Également, certains enfants TAC rencontrent des difficultés à la fois pour les activités qui font appel à la motricité globale, que pour celles qui font appel à la motricité fine. D'autre part, certains auteurs reconnaissent que la gravité de leurs problèmes peut varier de façon importante, allant d'une lenteur significative à l'incapacité totale de réaliser certains apprentissages moteurs (Geuze, 2005; Green, Chambers, & Sugden, 2008; Johnston, Burns, Brauer, & Richardson, 2002). Enfin, d'un point de vue développemental, des différences intra-groupes sont également observées chez les enfants présentant un TAC, puisque certains d'entre eux connaissent des retards dans l'acquisition des jalons du développement de la motricité, tandis que d'autres les atteignent à des âges normaux (Polatajko, 1999).

En plus de la variabilité retrouvée au niveau des difficultés motrices chez les enfants TAC, des troubles neurodéveloppementaux leur sont fréquemment associés. Ces troubles affectent le plan comportemental et social (Dyck, Piek, Hay, & Hallmayer, 2007; Kooistra, Crawford, Dewey, Cantell, & Kaplan, 2005; Martin, Piek, Baynam, Levy, & Hay, 2010), l'attention (Kadesjö & Gillberg, 1999; Lingam et al., 2010; Pitcher, Piek, & Hay, 2003), le langage (Alloway & Archibald, 2008; Hill, 2001; Macnab, Miller, & Polatajko, 2001) ainsi que les apprentissages (Dewey et al., 2002; Lingam et al., 2010; Pieters, Desoete, van Waelvelde, Vanderswalmen, & Roeyers, 2012). De tels déficits ne sont toutefois pas présents chez l'ensemble des enfants TAC et leur proportion varie d'une étude à une autre. Par exemple, Pitcher et collaborateurs (2003) affirment qu'approximativement 50 % des enfants de leur étude ayant des difficultés motrices compatibles avec un TAC présentent également un trouble déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDA/H). Cette proportion est similaire à celle retrouvée par Kadesjö et Gillsberg (1998; 1999), dans une série d'études réalisées chez des enfants TAC, alors que la moitié des participants répondent également à l'ensemble des critères diagnostiques TDA/H. En outre, Dewey et collègues (2002) rapportent que tous les enfants atteints de problèmes de la coordination motrice, quel que soit le degré ou la sévérité de ceux-ci, sont plus à risque de présenter des problèmes d'apprentissage et d'attention. Leur étude indique, en effet, que 45 % des enfants préalablement diagnostiqués d'un TAC ainsi que 18 % des enfants ayant certaines caractéristiques du TAC présentent des problèmes attentionnels. Dans cette même étude, des difficultés en lien avec l'apprentissage et la compréhension de lecture/écriture sont, par ailleurs,

identifiées chez les deux types de groupes d'enfants aux difficultés motrices. La proportion d'enfants à la fois atteints de TAC et de troubles d'apprentissage de la lecture et de l'écriture (dyslexie-dysorthographe) n'est toutefois pas spécifiée par les auteurs. En revanche, une autre étude réalisée en Chine auprès d'un groupe d'enfants présentant un TAC, rapporte que 43 % des enfants du groupe clinique répondent également aux critères diagnostiques pour la dyslexie-dysorthographe (Ho, Chan, Leung, Lee, & Tsang, 2005), laquelle est d'ailleurs en lien avec des difficultés langagières. L'étude d'Alloway et Archibald (2008) supporte aussi l'idée selon laquelle le TAC est associé à de faibles habiletés langagières, alors qu'environ 50 % des enfants du groupe clinique TAC obtiennent des performances similaires ou inférieures à celles d'enfants ayant un trouble primaire du langage. Enfin, l'étude de Pieters et collègues (2012) relève des performances significativement inférieures chez des enfants TAC comparativement à un groupe contrôle, dans le domaine des mathématiques. Plus spécifiquement, des délais académiques sont retrouvés sur le plan des connaissances numériques de base (additions, soustractions) ainsi que des procédures opérationnelles en calculs.

Somme toute, les enfants TAC constituent un groupe dont les habiletés motrices sont certes plus faibles que leurs pairs, mais dont les manifestations sont vastes et auxquels s'ajoutent fréquemment d'autres troubles comorbides, poussant plusieurs auteurs à croire que l'hétérogénéité représente davantage la norme que l'exception chez cette population clinique (Dewey & Wilson, 2001; Green et al., 2008; Vaivre-Douret et al., 2011a).

Autres caractéristiques communes du TAC

Au-delà de leurs caractéristiques motrices et neurodéveloppementale, il semble également que les enfants TAC partagent d'autres caractéristiques communes, notamment sur le plan cognitif. En effet, lorsque l'on considère l'ensemble des performances motrices et cognitives de groupes cliniques constitués d'enfants TAC, celles-ci sont généralement plus variables, moins précises, mais surtout, dépourvues de stratégies efficaces, comparativement à leurs pairs (Zwicker et al., 2012). Pour certains auteurs (Martini, Wall, & Shore, 2004; Sangster-Jokić & Whitebread, 2011; Sangster, Beninger, Polatajko, & Mandich, 2005), ce patron de performances chez les enfants TAC pourrait être en lien avec de faibles capacités métacognitives. Selon Flavell (1976), l'auteur à l'origine du concept la métacognition, ce terme fait référence à la connaissance et au contrôle qu'un individu possède par rapport à ses propres processus cognitifs, notamment : la planification et la sélection de stratégies pertinentes, mais aussi, l'auto-régulation et l'évaluation active en fonction d'objectifs concrets. Parmi les auteurs à avancer cette hypothèse, Martini et collègues (2004) se sont intéressés à la métacognition d'un groupe clinique d'enfants TAC. Selon ce groupe de chercheurs, les enfants TAC verbalisent autant que leurs pairs leurs stratégies d'action au moment de réaliser une tâche motrice complexe (lancer une balle selon des contraintes spécifiques). En revanche, les stratégies verbalisées s'avèrent, dans la majorité des cas, inappropriées et inexactes. Les auteurs suggèrent donc que les enfants TAC ne semblent pas savoir sur quoi (quels détails pertinents) s'appuyer pour planifier leurs actions ni comment évaluer adéquatement leurs performances. Cela pourrait possiblement expliquer ce pourquoi les

enfants TAC connaissent autant de difficultés à déployer des stratégies efficaces dans la réalisation de mouvements nouveaux et complexes, ainsi qu'à généraliser leurs acquis (Missiuna, 1994).

Or, afin de pallier à ces difficultés, une des stratégies qui a fait ses preuves auprès des enfants TAC est une approche d'intervention cognitive orientée sur la tâche (*task-oriented; top down approach*) nommée approche CO-OP ou *Cognitive Orientation to daily Occupational Performance* (Polatajko & Mandich, 2004; Smits-Engelsman et al., 2013). Le but de cette approche est de favoriser le développement de stratégies cognitives pour faciliter l'apprentissage moteur nécessaire à la réalisation d'activités choisies par l'enfant. Ce dernier est donc encouragé à verbaliser et à décortiquer les étapes nécessaires à sa production motrice. Se faisant, l'intervenant s'assure que les informations les plus importantes sont identifiées par l'enfant pour lui permettre de bien réaliser son geste et ainsi compenser les difficultés métacognitives identifiées notamment par Martini et collègues (2004).

Ensemble, les faibles habiletés de métacognition mesurées et le fait que les approches cognitives soient les méthodes d'intervention les plus efficaces auprès des enfants TAC suggèrent, qu'au-delà des caractéristiques motrices, le TAC pourrait bien être caractérisé par autre chose, notamment sur le plan des processus cognitifs. C'est du moins ce que proposent certains auteurs qui suspectent que le TAC ne serait pas seulement un trouble de la motricité, mais plutôt une condition combinant à la fois des

déficits moteurs et cognitifs (Deng et al., 2014; Holeckova, Cepicka, Mautner, Stepanek, & Moucek, 2014). D'ailleurs, au cours des dernières années, plusieurs auteurs se sont intéressés à la sphère cognitive des enfants TAC. Parmi ceux-ci, Wilson et McKenzie ont notamment publié, en 1998, une méta-analyse dans le but d'identifier les processus associés aux faibles habiletés motrices des enfants TAC. Leurs analyses portaient sur 50 articles, publiés entre 1974 et 1996, qui ont comparé des groupes contrôle à des groupes d'enfants ayant des caractéristiques de TAC. Les études retenues ont ensuite été codées, en fonction de l'année et du type de publication, des analyses statistiques réalisées et de la méthodologie adoptée, puis placées dans l'une des cinq catégories de traitement de l'information : le traitement visuel, les autres types de traitement (kinesthésique et intermodal), le contrôle moteur, l'intelligence générale et les habiletés motrices. Les auteurs mentionnent que bien que les enfants TAC obtiennent de plus faibles performances sur la plupart des mesures comportementales, les déficits les plus importants se situent au niveau des mesures de traitement visuel, notamment aux tâches d'intégration visuo-motrice et de visuo-construction (habiletés visuo-perceptives avec composante motrice; $r=.55$), mais aussi aux tâches de visuo-perception (habiletés visuo-perceptives sans composante motrice; $r=.43$). En fonction de ces résultats, les auteurs suggèrent donc qu'un déficit du traitement visuel pourrait bien être associé aux faibles performances motrices des enfants TAC. Depuis, cette hypothèse a été revalidée par un certain nombre d'études ayant exploré les performances des enfants TAC à des tâches de perception visuelle avec et/ou sans composante motrice (Chang & Yu, 2010; Fletcher-Flinn, Elmes, & Strugnell, 1997; Gheysen, van Waelvelde, & Fias, 2011; O'Brien,

Williams, Bundy, Lyons, & Mittal, 2008; Parush, Yochman, Cohen, & Gershon, 1998; Sigmundsson, Hansen, & Talcott, 2003; Tsai, Wilson, & Wu, 2008; Vaivre-Douret et al., 2011b). De la même façon, Mazeau (2000), une auteure d'approche neuropsychologique, bien connue pour ses travaux sur le TAC prône aussi en la faveur d'un déficit visuo-perceptif (visuo-spatial) chez les enfants TAC.

En 2013, à la suite d'une forte augmentation de publications sur le TAC, Wilson et ses collègues publient, à nouveau, une méta-analyse portant sur les processus associés aux faibles habiletés motrices des enfants TAC. Cette seconde étude regroupait 129 articles, publiés entre 1997 et 2011, qui ont comparé les performances de groupes d'enfants ayant des caractéristiques de TAC à des groupes contrôle sur différentes mesures comportementales, soit des mesures qui permettaient l'observation et la quantification directe de comportements, comme par exemple un temps de réaction ou un taux d'erreurs. Comme pour leur première étude, les articles recensés étaient d'abord codés en fonction de l'année et du type de publication, des analyses statistiques effectuées, de la méthodologie adoptée et du type de mesures employées (cognitives, neuroscience-cognitive, systèmes dynamiques et hybrides). Selon leurs analyses statistiques, les auteurs indiquent que les enfants TAC obtiennent des résultats significativement plus faibles que leurs pairs dans l'ensemble des mesures comportementales recensées, suggérant à nouveau un déficit généralisé des performances. Toutefois, parmi les déficits les plus importants, les auteurs font état de six domaines spécifiques pour lesquels les enfants TAC rencontrent des difficultés

significatives ($d_w=1.11$) : 1) les mouvements de contrôle prédictif, 2) la coordination rythmique 3) le contrôle postural et de la démarche 4) les actions d'interception et les habiletés à attraper (*catching*) 5) certains aspects de la perception sensorielle (traitement visuo-spatial et tactile) et finalement, 6) les fonctions exécutives (mémoire de travail, inhibition, attention exécutive, performance en double tâche et métacognition). Or, depuis, d'autres auteurs appuient également cette hypothèse d'un déficit des fonctions exécutives chez les enfants TAC (Asonitou, Koutsouki, Kourtessis, & Charitou, 2012; Michel, 2012; Rahimi-Golkhandan, Piek, Steenbergen, & Wilson, 2014; Schott, El-Rajab, & Klotzbier, 2016; Toussaint-Thorin et al., 2013; Vaivre-Douret et al., 2011b).

Somme toute, les résultats de certains travaux réalisés jusqu'à maintenant qui ont exploré les fonctions cognitives d'enfants ayant certaines caractéristiques du TAC, suggèrent possiblement des déficits cognitifs, notamment au niveau des fonctions visuo-perceptives et des fonctions exécutives. Il apparaît donc pertinent de se tourner vers la littérature actuelle et de se demander si ces fonctions pourraient permettre de caractériser le trouble, au-delà des déficits moteurs qui lui sont typiquement associés. Toutefois et avant de faire l'objet d'une revue systématique, les fonctions visuo-perceptives et les fonctions exécutives seront d'abord mieux définies, selon une perspective neuropsychologique, dans le but d'établir un cadre théorique sur lequel appuyer les sections subséquentes. Les principales mesures pour appréhender les fonctions visuo-perceptives et les fonctions exécutives en neuropsychologie seront, par la même occasion, brièvement abordées.

Fonctions et évaluation neuropsychologique des voies visuo-perceptives

La communauté scientifique reconnaît généralement l'hypothèse théorique selon laquelle les informations visuelles perçues par un individu sont traitées par le biais de deux voies corticales distinctes. Ce sont, en fait, Ungerleider et Mishkin (1982) qui ont été les premiers auteurs à introduire l'idée selon laquelle la vision serait possible grâce à deux systèmes visuels distincts, mieux connus sous la voie du « quoi? » (système ventral) et la voie du « où? » (système dorsal). Selon eux, le premier système de traitement d'informations visuelles, le système ventral, projetterait ventralement vers le lobe temporal à partir du cortex visuel primaire et serait dédié à la reconnaissance et l'identification visuelle d'objets (voie du quoi?). Le second système, le système dorsal, s'étendrait dorsalement du cortex visuel primaire vers le lobe pariétal et serait davantage impliqué dans l'analyse des déplacements d'objets dans le champ visuel (voie du où?).

Or, pour d'autres auteurs (Milner & Goodale, 2006), ce modèle ne permet pas de rendre compte de la totalité des comportements observés chez certains patients cérébro-lésés qui, par exemple, sont en mesure de saisir un objet avec précision, en adoptant la bonne position de main, comme si celui-ci avait été préalablement identifié, alors qu'ils ne sont ni en mesure de percevoir des objets immobiles, ni de les reconnaître. Goodale et Milner (1992) ont donc suggéré que les deux voies visuelles identifiées par Ungerleider et Mishkin (1982) ne se distinguent pas sur la base du type d'information visuelle perçue (informations concernant les caractéristiques d'un objet, d'une part, et informations spatiales, d'autre part), mais plutôt en fonction de la raison pour laquelle le traitement

visuel est effectué (type de transformation effectuée sur l'information visuelle perçue). En effet, les deux voies traiteraient à la fois l'information concernant les caractéristiques des objets et leurs relations spatiales, cependant chaque voie utiliserait différemment ces informations : l'une pour « la perception » et l'autre pour « l'action ».

Selon les auteurs, le rôle de la voie visuelle pour la perception (voie ventrale) serait de transformer les informations visuelles qui concernent les caractéristiques des objets et leurs relations spatiales, afin de former des représentations perceptives stables. De telles représentations permettraient ensuite l'identification des objets et leur classement en différentes catégories. La voie pour la perception serait intimement liée à la mémoire à long terme, en ce qu'elle contribuerait à l'acquisition de connaissances et de représentations mentales.

Le rôle de la voie visuelle pour l'action (voie dorsale) serait quant à elle, de transformer les informations visuelles qui concernent la localisation et la disposition spatiale des objets dans l'espace (transformation de coordonnées spatiales), dans un cadre de référence égocentrique très détaillé, utile pour guider le mouvement correctement dans l'espace. Contrairement à la voie ventrale qui permet le stockage d'informations à long terme, cette voie travaillerait dans l'immédiat puisque les informations visuelles seraient constamment réévaluées pour offrir des représentations justes afin qu'un geste guidé avec les yeux, comme attraper une balle en mouvement, puisse être effectué avec précision.

Bien que ces deux voies corticales fonctionnent indépendamment dans la vie courante, selon les auteurs, la voie visuelle pour la perception et la voie visuelle pour l'action joueraient des rôles complémentaires et seraient toutes les deux aussi importantes pour prévoir et exécuter correctement un geste moteur (Milner & Goodale, 2006). En effet, la plupart des gestes moteurs de la vie courante sont dirigés vers un but et nécessitent que celui-ci soit d'abord reconnu, par la voie de la perception (voie ventrale), pour pouvoir ensuite produire un mouvement adapté, par la voie de l'action (voie dorsale), qui tient compte de ce but, mais aussi de l'espace et des changements dans celui-ci.

Toutefois, avant que la combinaison de ces deux voies visuelles nécessaires à la coordination motrice ait lieu de façon efficace, toute une période de développement s'opère à l'enfance. Il est donc important de considérer que les habiletés visuelles d'un enfant évoluent à travers le temps et diffèrent selon son âge. Une des périodes critiques dans le développement des voies visuelles survient vers l'âge de sept et huit ans, ce qui a un impact sur la réalisation des gestes subséquents (Cairney, 2015). En effet, l'enfant qui, dès son jeune âge, s'appuyait principalement sur un mode de rétroaction visuelle pour guider ses mouvements commence également à développer des représentations mentales et à reposer davantage sur celles-ci pour réaliser un geste moteur. Pendant cette période de changement qui nécessite une certaine adaptation, l'enfant connaît bien souvent des performances moindres dans l'apprentissage de nouveaux gestes moteurs que d'autres enfants moins âgés.

En neuropsychologie clinique, de nombreuses tâches ont été élaborées afin de solliciter les voies de traitement visuel (Benois & Jover, 2006) et mesurer l'habileté d'une personne à interpréter, comprendre, définir et utiliser l'information visuelle. Ces tâches sont utilisées dans les mesures d'habiletés visuo-perceptives sans composante motrice et les mesures d'habiletés visuo-perceptives avec composante motrice (Burtner et al., 1997). Celles-ci sont présentées de façon plus détaillée dans la prochaine section.

Habiletés visuo-perceptives sans composante motrice

Le premier type de tâches concerne des tâches de visuo-perception qui n'incluent pas de composante motrice, à l'exception du pointage. La visuo-perception se définit comme l'habileté à interpréter, comprendre et définir l'information visuelle entrante (Scheiman, 1997). Ces tâches incluent de tâches de discrimination visuelle, de relations visuo-spatiales, de fermeture visuelle et de mémoire visuelle, où le participant doit généralement identifier une figure semblable à la figure cible parmi plusieurs figures ayant subi des transformations. Ces tâches sont notamment retrouvées au sein des mesures normalisées du *Test of Visual Perceptual Skills (non-motor)* (TVPS) (Martin, 2006) ainsi qu'au sein des sections visuo-perceptives du *Developmental test of Visuo-Perception* (DTVP-2) (Hamill, Pearson, & Voress, 2013) et du sous-test *Visual-Perception* du *Beery-Buktenika developmental test of visual-motor integration* (Beery-VMI) (Beery, Buktenica, & Beery, 2010).

Habiletés visuo-perceptives avec composante motrice

Le deuxième type de tâches rassemble les épreuves de visuo-perception qui requièrent tout type de réponse motrice confondue : les tâches d'intégration visuo-motrice et les tâches de visuo-construction. L'intégration visuo-motrice se définit comme l'habileté à coordonner efficacement des informations visuelles au geste afin de guider adéquatement un mouvement (Schmidt & Wrisberg, 2008). Cette habileté est notamment sollicitée lors d'activités grapho-motrices de copies de formes et de tracés de précision des sous-tests de *Visuo-motor Integration* et *Motor Coordination* du Beery-VMI (Beery et al., 2010) et également lors des sous-tests qui composent l'indice visuo-moteur du *Developmental test of Visuo-Perception (DTVP-2)* (Hamill et al., 2013). Hormis, ces épreuves impliquant la manipulation du crayon, d'autres tâches peuvent également impliquer une composante motrice. En effet, certaines tâches sollicitent également des habiletés de visuo-construction, telle que la reproduction graphique d'une figure complexe, soit la Figure de Rey (Osterrieth, 1944) et la reproduction de constructions de blocs (Wechsler, 2012, 2014).

Fonctions exécutives et évaluation neuropsychologique

Les fonctions exécutives font référence à un ensemble d'habiletés cognitives dont la fonction principale est de faciliter l'adaptation et le comportement d'un individu lorsqu'il fait face à une situation nouvelle, tout en lui permettant d'outre passer ses pensées et ses réponses automatiques afin d'adopter des comportements adaptés qui tiennent compte d'un but visé (Seron, van der Linden, & Andrés, 1999). Elles sont

généralement associées au développement du cortex préfrontal (Duncan, Emslie, Williams, Johnson, & Freer, 1996; Lezak, Howieson, Bigler, & Tranel, 2012) qui connaît d'ailleurs une progression importante, tout au long du développement de l'enfance et de l'adolescence (Anderson, Levin, & Jacobs, 2002). À ce jour, il n'existe toujours pas de consensus, quant aux habiletés cognitives spécifiques faisant partie des fonctions dites exécutives et un débat subsiste d'ailleurs en ce qui a trait à la dissociabilité de celles-ci. Certains auteurs considèrent, en effet, les fonctions exécutives comme étant un construit unitaire, composé d'un seul module de traitement et auquel est associé différents sous-processus (Baddeley & Hitch, 1974; Norman & Shallice, 1986). À l'opposé, d'autres modèles proposent que les fonctions exécutives sont plutôt composées de fonctions indépendantes, spécifiques et dissociables (Diamond, 2013; Welsh, Pennington, & Groisser, 1991) et dont le développement pourrait également s'opérer à des rythmes différents.

Miyake, Friedman, Emerson, Witzki et Howerter (2000) proposent, en revanche, un modèle intéressant qui réunit les deux perspectives dans un modèle intégratif où sont identifiées trois composantes des fonctions exécutives, à la fois dissociables et corrélées entre-elles : l'inhibition, la flexibilité cognitive et la mise à jour³. Afin d'étudier l'unicité/dissociabilité (*unity/diversity*) de ces fonctions, les auteurs ont réalisé des analyses factorielles à partir des performances d'un groupe de jeunes adultes à une série d'épreuves censées mesurer des fonctions exécutives spécifiques (inhibition, mémoire

³ Le terme mémoire de travail sera adopté dans les sections subséquentes, étant donné qu'il s'agit du terme généralement employé dans la littérature.

de travail, flexibilité, planification et fluence). Selon les auteurs, le modèle statistique des fonctions exécutives le plus probable est constitué de trois facteurs, à la fois indépendants (dissociables) et corrélés (unitaires), correspondants à chacune des fonctions exécutives ciblées, soit l'inhibition, la mémoire de travail et la flexibilité cognitive. Ainsi, les performances à des tâches de fonctions exécutives résulteraient de la combinaison entre ce qui est commun aux trois composantes (« *unity* »), mais également entre ce qui leur est spécifique (« *diversity* »). Une actualisation du modèle original de Miyake et collègues (2000) a été proposée, ce qui a donné naissance à un nouveau cadre théorique (Friedman & Miyake, 2016; Miyake & Friedman, 2012). Dans ce nouveau modèle, l'inhibition (et/ou contrôle attentionnel) est absente de l'aspect diversifié, car elle serait, chez l'adulte du moins, un processus de contrôle général nécessaire à l'exécution d'autres fonctions exécutives, notamment de mémoire de travail et de flexibilité mentale (Miyake & Friedman, 2012).

Par ailleurs, un autre cadre théorique vient compléter celui de Miyake et collègues, en associant des processus attentionnels aux fonctions exécutives, deux domaines cognitifs qui sont fréquemment abordés conjointement dans la littérature. Norman & Shallice (1986) proposent l'existence d'un système attentionnel superviseur (SAS), régissant les comportements lors de situations nouvelles et complexes. Plus spécifiquement, le SAS est décrit par les auteurs comme un système qui module l'activation de schémas adaptés (séquences d'actions/pensées déjà apprises pour des situations particulières) ainsi que l'inhibition de schémas inadaptés (schémas compétitifs

et dominants qui produisent distractibilité et persévérations), lors de situations qui requièrent l'exécution de comportements nouveaux. De plus, lorsque les schémas préexistants ne suffisent pas, de nouveaux schémas, et donc de nouveaux comportements, peuvent également être créés et mis en œuvre sous le contrôle attentionnel du SAS. C'est donc dire que Norman et Shallice conçoivent les fonctions attentionnelles comme étant des processus de base aux fonctions exécutives. Or, et bien que ce lien nécessite d'être exploré davantage, ces auteurs ne sont pas les seuls à le concevoir ainsi. En effet, sur la base de recherches neuroanatomiques, un consensus semble se dessiner à l'effet que les processus attentionnels et exécutifs interagissent de façon étroite en raison de réseaux neuronaux qu'ils partagent (Robertson & Murre, 1999). Par conséquent, dans le présent travail, les fonctions attentionnelles seront également intégrées à la section des fonctions exécutives.

De plus, au-delà des fonctions exécutives déjà mentionnées, d'autres tâches de fonctions exécutives sont couramment retrouvées dans la littérature (p. ex., tâches de planification et de fluence; Diamond, 2013) et qui peuvent également donner lieu à l'observation des fonctions identifiées par Miyake et collègues (2012). En effet, lors de ces tâches, il est possible d'observer certains types d'erreurs qui relèvent par exemple d'un défaut de l'inhibition, de la mémoire de travail ou de la flexibilité cognitive. À la lumière de ces explications, la prochaine section fournira donc une brève description des fonctions exécutives d'inhibition, de flexibilité cognitive, de mémoire de travail, telles que proposées par Miyake et collègues, mais inclura également les fonctions d'attention,

de planification et de fluence. Les principales tâches neuropsychologiques qui sont généralement associées aux fonctions exécutives présentées seront également décrites.

Inhibition

L'inhibition renvoie à la capacité de supprimer, de différer ou d'éviter la production d'une réponse automatique ou prépondérante (*prepotent response*), ainsi que la production d'une réponse en cours ou préalablement activée (*ongoing response*). Cette réponse peut être cognitive (p. ex., inhiber une idée/pensée) ou comportementale (p. ex., inhiber une réponse motrice, oculomotrice ou un comportement) (Nigg, 2000). De plus, le contrôle de l'interférence, c'est-à-dire l'habileté à écarter les informations non pertinentes pour la tâche/activité en cours, constitue également un autre type d'inhibition. Celui-ci est étroitement lié au concept d'attention sélective (Zomeran & Brouwer, 1994), qui fait référence à la capacité à centrer son attention sur un stimulus tout en ignorant d'autres stimuli non pertinents (p. ex., tâches de recherche visuelle). Ainsi, un défaut de l'inhibition est susceptible de donner lieu à différents types de comportements, dont l'inattention, l'impulsivité et un manque d'organisation/planification, qui peuvent être observés à différents niveaux dans la plupart des épreuves cognitives.

Plusieurs mesures ont été élaborées dans le but d'évaluer spécifiquement les différentes facettes de l'inhibition, soit des tâches de type arrêt de signal (en anglais : *go/no-go*) et des tâches mesurant le contrôle de l'interférence. D'abord, pour les tâches

d'arrêt de signal, le participant doit habituellement répondre le plus rapidement possible à un stimulus (*go*) et ne pas répondre en présence d'un autre stimulus (*no-go*). Ces tâches se retrouvent notamment au sein des tests de performance continue (CPT : *Conner's Continuous Performance Test*; Conners, 2014), mais un principe similaire est également retrouvé au sein des tâches où le participant apprend dans un premier temps à imiter l'examineur (*go*), puis dans un deuxième temps à inhiber un geste ou un mot (*no-go*), en faisant le contraire de ce que l'examineur fait (Henry, Messer, & Nash, 2012; Korkman, Kirk, & Kemp, 2007). Dans les deux cas, le stimulus cible (*go*) est appris ou présenté de façon plus fréquente que le stimulus *no-go* de manière à créer une réponse prépondérante (*go*) qui devra ensuite être occasionnellement inhibée (*no-go*). C'est la présence d'erreurs de commissions (réponses en présence d'un stimulus *no-go*) qui indique généralement un déficit de l'inhibition. Cependant, une d'autre tâche de type arrêt de signal permet également de mesurer différemment les capacités d'inhibition d'un individu. Par ailleurs, un deuxième type de tâche d'inhibition permet, cette fois, d'évaluer le contrôle de l'interférence, soit l'habileté à écarter toute information non pertinente à la tâche, notamment à l'épreuve classique du Stroop (Stroop, 2004). Il s'agit en fait d'une tâche où le participant doit nommer le plus rapidement possible la couleur de l'encre dans laquelle est imprimée une série de mots désignant des couleurs. Or, puisque la lecture de mots devient généralement automatisée à l'âge scolaire, celle-ci génère une réponse prépondérante, qui doit être inhibée pour pouvoir nommer la couleur de l'encre (plutôt que de lire le mot). Lors de ce type de tâches, le ratio vitesse-précision est examiné pour apprécier l'intégrité du contrôle de l'interférence. Ainsi, une

performance sans erreurs, mais réalisée au prix d'un temps d'exécution plus lent serait autant révélatrice de faibles capacités d'inhibition qu'une performance rapide où le participant commettrait plusieurs erreurs.

Flexibilité cognitive

La flexibilité cognitive correspond à la capacité d'alterner aisément entre différentes tâches, différentes opérations ou différents registres mentaux (*mental set*). Un déficit peut provoquer une diminution de la capacité à s'adapter à la nouveauté et aux changements dans la vie de tous les jours. Parmi les tâches classiques pour l'évaluer figurent, entre autres, les tests de classement de cartes (p. ex. test du tri de cartes du *Wisconsin Sorting Card Test*; Grant & Berg, 1948). Lors de cette épreuve, le participant doit classer des cartes sur lesquelles figurent des formes géométriques (cercle, triangle, étoile) qui varient en nombre et en couleur. Or, le participant ignore le principe selon lequel il doit assortir les cartes et il doit parvenir à le découvrir de lui-même, en fonction des rétroactions qui lui sont données. D'autres variantes de tâches de triage existent également (Cambridge Cognition Ltd, 2012; Kongs, Thompson, Iverson, & Heaton, 2000). Pour l'ensemble de ces tâches, la présence d'erreurs de persévération (répétition de réponses de classement incorrectes) indique généralement un déficit de flexibilité cognitive. Une autre tâche classique mesurant la flexibilité cognitive est le test de traçage de pistes (en anglais : *Trail Making Test*) (Delis, Kaplan, & Kramer, 2001; Tombaugh, 2004), où le participant doit relier en alternance des chiffres et des lettres en séquence numérique et alphabétique (p. ex., 1-A, 2-B, 3-C, etc.). Dans ce type

d'épreuve, le temps requis pour compléter différentes opérations mentales ainsi que le nombre de connexions réalisées par minute, est considéré comme une mesure de la capacité à alterner correctement entre deux registres. Cette capacité peut également être calculé via d'autres tâches, notamment en alternant entre différentes opérations mathématiques (alterner entre additions et soustractions) ou entre différentes tâches de fluence (alterner entre la production de deux catégories sémantiques différentes ou la production de deux arrangements de points différents) (Delis et al., 2001).

Mémoire de travail

La mémoire de travail réfère au système responsable du maintien et de la manipulation d'informations verbales et visuelles, à court terme, nécessaires à la réalisation d'une tâche complexe, aux apprentissages et à la résolution de problèmes. Selon le modèle de Baddeley (2000), la mémoire de travail serait composée de quatre entités : un administrateur central, une boucle phonologique, un calepin visuo-spatial et un *buffer* épisodique. L'administrateur central serait responsable de la supervision et de la coordination de deux sous-systèmes spécialisés (boucle phonologique et calepin visuo-spatial) dans le maintien d'information. La boucle phonologique permettrait le maintien temporaire d'informations de nature verbale (linguistique), tandis que le calepin visuo-spatial serait responsable du maintien d'informations de nature visuelles (Baddeley, 2007). La capacité de ces deux systèmes serait limitée en grande partie, par la capacité de stockage (maintien d'information), propre à chacun. Ainsi, la mémoire de travail comporterait deux versants, l'un responsable de la manipulation d'information

(versant actif), dépendant de l'autre versant, responsable du maintien d'information à court terme (versant passif). Les tâches qui évaluent le versant passif de la mémoire de travail, généralement des tâches d'empan où le répondant doit répéter une séquence croissante d'informations tel que des chiffres, sont plus souvent considérées comme des mesures de capacité attentionnelle ou de mémoire à court terme que des mesures de mémoire de travail à proprement parler. Les mesures classiques de mémoire de travail (versant actif) sont généralement des tâches d'empan à rebours, où le participant doit répéter une séquence d'items (p. ex., des chiffres) ou de mouvements (p. ex., gestes sur imitation) à l'envers. Il s'agit des tâches *N-Back* (en français tâche du N^e-item), où le participant doit se rappeler du dernier élément avant l'arrêt d'une série d'items présentés verbalement ou visuellement (p. ex., rappeler le dernier mot, ou l'emplacement d'une image, de chacun des énoncés ou des images qui sont présentés de façon séquentielle) (Pickering & Gathercole, 2001).

Fonctions attentionnelles

Le système attentionnel est un réseau neurologique complexe qui est constitué de plusieurs sous-systèmes interconnectés (Posner & Fan, 2008). En neuropsychologie, on reconnaît généralement quatre de ces sous-systèmes, soit l'attention sélective, l'attention divisée, l'attention soutenue et l'alerte phasique, qui peuvent être regroupés selon deux axes : la sélectivité (sélective/divisée) et l'intensité (Zomerén & Brouwer, 1994). La sélectivité fait référence au processus de sélection des informations pertinentes à la tâche et comprend l'attention sélective lorsque l'attention est portée à une seule source

d'information ainsi que l'attention divisée lorsque l'attention est portée à deux sources d'informations simultanément. Le deuxième axe, soit l'intensité fait, quant à lui, référence à la modulation de la quantité de ressources attentionnelles attribuées à une tâche. Cet axe comprend l'alerte phasique, lorsqu'une mobilisation énergétique minimale est maintenue pendant une longue période de temps et que le sujet demeure réceptif de façon non-spécifique à tout type d'information ainsi que l'attention soutenue, lorsqu'une mobilisation énergétique plus importante est requise à la réalisation d'une tâche monotone.

D'abord, l'attention sélective renvoie à la capacité à trier des informations présentées dans le but de ne retenir et de ne traiter que celles qui sont pertinentes à l'activité en cours, en inhibant la réponse à d'autres stimuli présents. Ce type d'attention est généralement comparé à un projecteur qui permet de mettre en lumière, de façon séquentielle, certaines informations dans l'environnement (Posner & Raichle, 1994). Un type d'attention sélective fréquemment rencontré en recherche repose sur l'attention visuo-spatiale, essentielle à la détection d'une cible, dans le champ visuel. Posner (1980), à l'origine des mesures d'évaluation de l'attention visuo-spatiale, avance que pour réussir une exploration visuelle, le sujet doit d'abord être en mesure d'engager son attention sur une cible visuelle en particulier, puis de la déplacer vers une nouvelle cible en désengageant l'attention de son ancrage précédent. Or et bien qu'il s'agisse d'une tâche d'attention visuo-spatiale, certains auteurs considèrent que l'opération de désengagement attentionnel permet également d'appréhender le contrôle de l'inhibition

(Mandich et al., 2003; Tsai, Pan, Cherng, Hsu, & Chiu, 2009). Ce type de tâche (paradigme de Posner) est présenté de façon plus exhaustive dans la section des résultats.

L'attention divisée réfère à la capacité d'un individu à répartir son attention entre plusieurs tâches de manière simultanée. Ainsi, les tâches pour mesurer les capacités d'attention divisée sont généralement des tâches où le participant reçoit la consigne de porter attention à deux types d'information en même temps, qui sont toutes aussi importants (p. ex., compter et détecter des cibles visuelles). Ces tâches peuvent être de modalités semblables ou de modalités différentes, faisant ainsi varier le niveau de difficulté de l'épreuve (Manly, Robertson, Anderson, & Nimmo-Smith, 1999).

Enfin, l'attention soutenue représente la capacité d'un sujet à orienter intentionnellement son intérêt vers un ou plusieurs stimuli et à maintenir cet intérêt sur une longue période de temps, sans discontinuité, alors que l'alerte phasique représente la capacité d'un sujet à demeurer réceptif de façon non spécifique à des stimuli. Typiquement, les tests de performance continue présentés plus tôt (CPT : *Continuous Performance Test*; Conners, 2014) sont utilisés pour appréhender ces deux types d'attention. Il s'agit de tâches monotones où le participant doit répondre le plus rapidement possible en la présence d'un stimulus-cible, pouvant survenir à n'importe quel moment et généralement présenté parmi d'autres stimuli.

Planification

Les habiletés de planification peuvent être définies comme la capacité d'un individu à identifier et à organiser les étapes et les éléments nécessaires pour atteindre un but visé. La planification implique aussi de pouvoir sélectionner les informations pertinentes de l'environnement, afin de pouvoir faire un choix, tout en inhibant des réponses potentiellement dominantes. Autrement dit, la planification consiste à l'élaboration mentale d'un plan afin de résoudre un problème. Miyake et collègues (2000) n'incluent pas la planification dans leur modèle des fonctions exécutives, puisque les résultats à différentes tâches de résolution de problèmes qui nécessitent l'élaboration d'un plan mental (p. ex., Tour de Hanoï) étaient en fait prédits par le facteur inhibition. De son côté, Diamond (2013) conçoit la planification comme une fonction exécutive de niveau supérieur (*high-level order Executive functions*), essentielle à la résolution de problème. Parmi les tâches classiques permettant l'évaluation des habiletés de planification, les tâches de tour (tour de Hanoï et de Londres) demeurent amplement utilisées tant en clinique qu'en recherche (Delis et al., 2001; Shallice, 1982). Dans ce type d'épreuve, le participant doit reproduire, à partir d'une configuration initiale (disques ou boules placées sur des tiges), une configuration d'arrivée, le plus rapidement possible et en faisant le moins de déplacements possible, tout en suivant certaines règles. Par ailleurs, les épreuves de labyrinthes (tâches papier-crayon), où le participant doit tracer le plus rapidement possible le chemin le plus court pour sortir d'un labyrinthe tout en tenant compte de certaines règles, font aussi parties des tâches fréquemment employées pour mesurer les habiletés de planification dans une composante spatiale. Dans l'ensemble de

ces tâches de résolution de problèmes, plusieurs types d'erreurs peuvent, encore une fois, être constatées, soit des erreurs d'impulsivité, où le participant entame le problème dans un délai trop court pour impliquer une planification d'action adéquate, mais aussi des bris de règles (participant va à l'encontre des règles spécifiées) qui peuvent témoigner de problèmes de mémoire de travail ou d'inhibition. Enfin, le ratio vitesse-précision, soit la capacité du sujet à résoudre le plus rapidement possible le problème tout en faisant le moins de déplacement possible, est habituellement aussi jugé comme un bon indicateur des habiletés de planification d'un sujet.

Fluence

La fluence réfère à la capacité d'un individu à produire un nombre maximum de réponses variées dans un délai de temps limité et, généralement, en fonction de certaines contraintes (Delis et al., 2001). Elle est typiquement évaluée en modalité verbale (fluence verbale) et non-verbale (fluence non-verbale). Dans la modalité verbale, le participant doit produire rapidement le plus de mots appartenant à une catégorie sémantique ou débutant par une lettre donnée, alors qu'en modalité non-verbale, le participant doit produire le plus de dessins différents possible en reliant des arrangements de points. Le nombre de bonnes réponses indique généralement les capacités de fluidité du participant. Toutefois, des erreurs commises lors de ce type de tâche peuvent également témoigner de difficultés sur le plan de la mémoire de travail et de la flexibilité. En effet, ce type de tâche exige que le participant conserve en mémoire de travail les réponses déjà émises, afin de ne pas les répéter, ce qui engendrerait des

erreurs de répétitions. Par ailleurs, la présence de persévérations (répétition excessive de réponses incorrectes) dans ce type de tâche pourrait également renvoyer à des difficultés de flexibilité, en ce que cela démontrerait une difficulté à se désengager de certains types de réponses. Enfin, cette mesure peut également témoigner de faibles capacités de planification chez un répondant, notamment lorsque les résultats obtenus à la contrainte phonologique excèdent ceux obtenus à la contrainte sémantique. En effet, de faibles capacités de planification pourraient interférer avec l'habileté à produire des mots selon des regroupements catégoriels.

Objectif et question de recherche

À la lumière des informations précédentes et considérant que des déficits visuo-perceptifs et exécutifs ont été associés au TAC dans la littérature générale, il apparaît pertinent de se demander si la présence de ces déficits demeure réellement supportée par l'état des connaissances auprès d'une population clinique qui cible spécifiquement les enfants TAC. En outre, il serait intéressant de vérifier si ces déficits pourraient permettre de caractériser le trouble, au-delà des difficultés motrices qui lui sont typiquement associées. En ligne avec certains travaux d'influence dans le domaine, il est possible de supposer, à priori, que la présence de caractéristiques cognitives, notamment de visuo-perception et/ou exécutives pourrait être associée aux enfants TAC. Les sections subséquentes tenteront donc d'apporter un éclairage à cette question de recherche.

Méthode

La méthode préconisée pour le présent essai est une recension exhaustive des écrits scientifiques, soit : « une démarche rigoureuse, transparente et reproductible visant à identifier et à sélectionner des études pertinentes qui traitent d'une question clairement définie et à en faire une analyse exhaustive ainsi qu'une synthèse critique » (Landry et al., 2008). La section suivante fournit une description de la démarche et des critères choisis pour la sélection des articles recensés.

Sélection des articles recensés

Une recension des écrits scientifiques a été effectuée afin de cibler les articles publiés entre 1994 et 2015 qui se sont intéressés aux processus cognitifs des enfants TAC. En effet, seuls les articles publiés après 1994 ont été considérés, puisqu'il s'agit de l'année à partir de laquelle le terme TAC est devenu dominant dans la littérature scientifique (Geuze et al., 2001). La recherche d'articles s'est faite à partir des moteurs de recherche « *Psycinfo* », « *CINHAL* », et « *Medline* », à l'aide des mots clés suivants : « developmental coordination disorder », « developmental dyspraxia » ou « dyspraxia » en combinaison avec : « cognitive assessment », « cognitive impairment », « cognitive functions », « cognitive processes », « cognitive ability », « cognitive tests », « developmental disabilities » ou « cognitive deficits ».

De cette fouille initiale, il a été possible de constater que la recherche sur les processus cognitifs des enfants TAC s'est principalement attardée aux fonctions visuo-perceptives ainsi qu'aux fonctions exécutives. Or, dans le cas du présent travail, ce sont également ces deux domaines cognitifs qui représentent un plus grand intérêt, puisque tel qu'en témoigne la littérature générale, ce sont ces mêmes fonctions qui sont susceptibles d'être davantage associées au TAC. Par conséquent, une seconde recherche a été effectuée à partir des mêmes moteurs de recherche afin de cibler plus précisément les études qui se sont intéressées aux habiletés visuo-perceptives et aux fonctions exécutives des enfants présentant un TAC. Les mots clés utilisés lors de cette recherche, en combinaison avec « developmental coordination disorder », « developmental dyspraxia » ou « dyspraxia » sont : « visual-motor integration », « visual-perceptual », « visual processing », « visuo-spatial », « visual-spatial », « visual construction », « executive functions », « attention », « working memory », « planning », « inhibition », « inhibitory control », « response inhibition », « flexibility » ou « mental switching ».

Critères d'inclusion des articles recensés

Parmi les articles recueillis, seules les études qui concernaient le présent axe de recherche, c'est-à-dire; les études qui ont tenté de mesurer les habiletés visuo-perceptives et les fonctions exécutives des enfants TAC ont été considérées. Puis, au survol des textes, un tri manuel a ensuite été effectué en fonction du niveau de preuve scientifique de chacune des études. En effet, les publications devaient minimalement correspondre au niveau 2 (niveau de preuve modéré) de la classification de l'*Oxford*

Centre for Evidence-Based Medicine (OCEBM, 2013) et offrir des données de comparaison (devis comparatifs) entre au moins un groupe clinique TAC et un groupe contrôle.

Puis, les articles restants ont été triés en fonction des critères de sélection des participants. En fait, deux groupes de participants TAC différents ont été retenus : ceux dont les participants ont été sélectionnés sur la base d'une référence professionnelle/médicale comme étant des enfants qui présentent un TAC et ceux dont les participants répondaient à des caractéristiques d'enfants présentant un TAC, selon les critères de définition du DSM-IV (critères A, B, C et D; APA, 2010). En effet, ce sont présentement ces critères qui sont les meilleurs pour définir le TAC et ceux également recommandés dans la littérature (Blank et al., 2012). Cependant, un manque de spécificité demeure dans la façon dont ces critères sont formulés, ce qui engendre une grande variabilité dans leur interprétation et dans l'application de ceux-ci (Geuze et al., 2001). Par conséquent, suivant les recommandations émises par le guide des pratiques cliniques pour le TAC de la *European Academy of Childhood Disability* (EACD) en 2012, certaines précisions ont été apportées à la façon dont les critères diagnostiques DSM sont appliqués pour sélectionner des enfants présentant des caractéristiques TAC, au sein des publications recensées. Ces nouveaux critères visent à assurer que les participants des études sélectionnées correspondent réellement à des enfants ayant un TAC. Un résumé des caractéristiques est présenté dans le Tableau 1 et une explication plus détaillée est ensuite fournie ci-dessous.

Tableau 1

Critères de sélection des groupes de participants cliniques TAC retenus

Critères d'inclusion	Critères d'exclusion
Référence médicale ou professionnelle pour un diagnostic clinique de TAC	Critère C (DSM-IV) : Conditions médicales (Conditions neurologiques, génétiques, sensorielles ou handicap physique) et TED
OU	
Critère A (DSM-IV) : Faibles habiletés motrices (<15 ^e percentile) évaluées à partir d'une mesure standardisée d'habiletés motrices (p. ex., M-ABC, BOTMP, MAND)	Troubles en comorbidité : trouble déficitaire de l'attention avec ou sans hyperactivité, trouble spécifique des apprentissages, troubles du langage.
ET	
Critère B (DSM-IV) : Difficultés motrices interfèrent significativement avec activités de la vie quotidienne et avec réussite scolaire, tel que confirmé par au moins un enseignant ou un parent (entrevue clinique ou questionnaire validé, p.ex. DCD-Q et M-ABC-Checklist)	Âge : inférieur à 5 ans à moins d'avoir été référé par un professionnel qualifié comme présentant un diagnostic clinique TAC ou avoir été évalué deux fois à des intervalles d'au moins 3 mois.

En l'absence d'un diagnostic clinique déjà émis (référence médicale/professionnelle), les participants identifiés pour des caractéristiques de TAC au sein des études retenues répondent minimalement à deux des quatre critères de définition (critères A et B) du TAC émis par le DSM-IV (APA, 2010, p.54-55). Ces critères statuent que :

1. Les performances dans les activités quotidiennes nécessitant une bonne coordination motrice sont nettement au-dessous du niveau escompté compte tenu de l'âge chronologique du sujet et de son niveau intellectuel. (critère A, DSM-IV)

2. Les difficultés motrices interfèrent significativement avec les activités de la vie quotidienne et/ou avec la réussite scolaire. (critère B, DSM-IV)

Pour satisfaire au critère A, les performances motrices des participants sélectionnés se situent en dessous du 15^e percentile et ont été évaluées, dans le cadre de la recherche réalisée, à l'aide d'au moins une mesure d'habiletés motrices standardisée recommandée par le EACD (2011), soit : le *Movement Assessment Battery for Children* (M-ABC et M-ABC-2; Henderson, Sugden & Barnett, 2007) ou le *Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency* (BOTMP, BOT-2; Bruininks & Bruininks, 2005). Or, certaines études ont également été retenues, bien que la mesure d'habiletés motrices utilisée ne corresponde pas à celle recommandée par le EACD, puisque la validité de cette mesure était généralement reconnue dans la littérature (p. ex., le MAND : *McCarron Assessment of Neuromuscular Development : Fine and gross motor abilities*) (McCarron, 1997).

Pour satisfaire au critère B, les chercheurs des études retenues ont consulté un parent, un professionnel ou un enseignant œuvrant auprès des participants sélectionnés pour confirmer l'impact des perturbations motrices au sein des activités de la vie courante et/ou l'interférence avec la réussite scolaire. Cette caractéristique pouvait avoir été vérifiée à l'aide d'une entrevue clinique ou de questionnaires validés et reconnus par le EACD (Blank et al., 2012), soit le *Movement Assessment Battery for Children 2-Checklist* (MABC-2; Henderson et al., 2007), ou le *Developmental Coordination Disorder-Questionnaire* (DCD-Q; Wilson, Kaplan, Crawford & Roberts, 2007).

Critères d'exclusion des articles recensés

Dans la littérature générale sur le TAC, certains auteurs excluent les participants TAC qui présentent également une autre condition médicale (neurologique, sensorielle ou handicap physique) ou un TED, pouvant être associés à des difficultés motrices (critère C du DSM-IV), afin de limiter l'influence d'autres variables. D'autres groupes de recherches excluent également les enfants qui présentent un fonctionnement intellectuel déficitaire, puisque les difficultés motrices des enfants TAC ne doivent pas excéder celles habituellement associées à un retard mental (critère D du DSM-IV). Or, en accord avec les recommandations de la littérature (Geuze et al., 2001), la vérification de ces caractéristiques (critères C et D) étant plus exigeante, elles n'étaient pas nécessaires à la présente recension. Cependant, les études qui mentionnaient clairement avoir retenu des participants TAC, sachant qu'ils étaient aussi atteints d'une infirmité motrice, d'une dystrophie musculaire, d'une paralysie cérébrale, d'un traumatisme craniocérébral ou de tout autre symptôme neurologique associé, n'ont pas été retenues. De la même façon, les études qui faisaient état de participants identifiés pour des caractéristiques de TAC et qui présentaient également une déficience intellectuelle n'ont pas été retenues. En l'absence de mesures objectives des processus cognitifs, il a été considéré que les cohortes d'enfants TAC adhérant à un cheminement scolaire régulier ne présentaient probablement pas de déficience intellectuelle et donc, que ces participants remplissaient les caractéristiques correspondant au critère diagnostique D du DSM-IV.

Par ailleurs, les groupes de participants cliniques qui présentaient à la fois un TAC (ou des caractéristiques du TAC) et un TDA/H, un trouble d'apprentissage spécifique, un trouble du langage ou un TED en comorbidité ont été écartés, également dans le but de limiter l'influence d'autres variables. En effet, bien que le TAC puisse être présent en comorbidité à ces conditions, l'objectif du présent travail était d'identifier les fonctions cognitives associées spécifiquement aux enfants TAC. Les études dont le seul groupe clinique étudié était constitué d'enfants TAC ayant un autre trouble en comorbidité n'ont donc pas été retenues. De plus, les études ciblant des enfants TAC prématurés ont été exclues, étant donné l'impact documenté de la prématurité sur les fonctions cognitives auprès de cette population clinique (Barray, Picard, & Camos, 2008).

Enfin, bien que les premiers symptômes d'incoordination motrice apparaissent tôt dans le développement, l'existence de variations considérables dans l'âge d'acquisition des habiletés motrices et le manque de stabilité des mesures utilisées en petite enfance peuvent interférer dans l'identification d'enfants TAC (APA, 2013). C'est pourquoi les études qui comptaient des participants âgés de moins de cinq ans, en l'absence d'une référence médicale TAC, ont aussi été écartées, à moins que les participants eussent été prioritairement soumis à deux évaluations distinctes pour le TAC à des intervalles d'au moins 3 mois, tel que recommandé par le EACD (Blank et al., 2012).

Après avoir appliqué les critères d'inclusion et d'exclusion auprès des groupes de participants des études recensées, au total, ce sont 22 articles qui ont été conservés pour

cette recension. Les principaux résultats de ces études sont présentés dans la prochaine section, mais d'abord, les données extraites des études qui ont servi à l'analyse des résultats sont abordées ci-dessous.

Extraction et analyses de données

Dans le but de faciliter la comparaison des résultats obtenus à partir des écrits scientifiques recensés, deux tableaux distincts ont été créés, l'un faisant état des habiletés visuo-perceptives et l'autre, des fonctions exécutives de groupes cliniques TAC, en comparaison à des groupes contrôles. Ces tableaux résument l'ensemble des principales informations qui ont été extraites des études recensées et qui ont servi à mettre en lumière les similitudes, mais également certaines divergences au niveau des résultats obtenus. La prochaine section tente donc d'apporter des précisions quant aux principales données extraites, soit les caractéristiques descriptives des groupes de participants, les mesures utilisées et les résultats obtenus de chacune des publications recensées.

Caractéristiques descriptives des groupes

D'abord, les principales caractéristiques descriptives pour chacun des groupes d'intérêt, soit le groupe clinique TAC et le groupe contrôle, ont été relevées afin d'offrir un aperçu sur l'équivalence des groupes. Pour chacune des études, le nombre de participants « *n* » ainsi que la moyenne d'âge des groupes « âge » en années sont donc précisés. De plus, le type d'échantillon, une variable importante dans le cas des groupes

TAC, est également indiqué. En effet, tel que mentionné, deux types de participants ont été retenus, soit les participants recrutés sur la base d'une référence clinique ainsi que les participants ayant certaines caractéristiques de TAC, mais qui n'ont pas été référés pour un diagnostic de TAC. L'acronyme « TAC » fait référence au premier type de groupe, tandis qu'« A, B, C et D » fait référence aux critères diagnostiques qui définissent chacun des groupes ayant des caractéristiques de TAC.

Mesures

Le type de mesures, soit les mesures « normalisées » et les mesures « expérimentales » ont été extraites des études retenues, en ce qu'elles offrent des niveaux d'interprétation différents. La première propose en effet une administration standardisée et rend possible l'interprétation d'un rendement (score) par rapport à un groupe de référence (normes). Tandis que la deuxième mesure, de type expérimental, est mise au point dans le contexte de la recherche et ne peut être interprétée en fonction d'un autre groupe de référence que le groupe de comparaison (groupe contrôle).

Pour chacune de ces mesures, les principales habiletés évaluées « habiletés mesurées » ont également été extraites, selon un cadre de référence neuropsychologique. Or, il importe de préciser que la plupart des mesures servent généralement à identifier plusieurs habiletés à la fois. Toutefois, afin de faciliter la présentation des résultats, le type d'habileté généralement reconnu pour être principalement sollicité par chacune des tâches a été relevé. Ainsi, dans le cas des études qui ont traitées des fonctions de la

perception visuelle, les habiletés mesurées étaient soit visuo-perceptives, lorsque les tâches ne comportaient aucune composante motrice, ou visuo-motrice et visuo-constructive lorsqu'elles en comportaient. Un seul type d'habileté, soit le raisonnement perceptif était composé de plusieurs tâches dont certaines comportaient une composante motrice, alors que d'autres non. Dans le cas des fonctions exécutives, les fonctions identifiées par Miyake et collègues (2001; 2012) et, ensuite, par Friedman et Miyake (2016), soit l'inhibition, la mémoire de travail et la flexibilité cognitive, forment la majorité des habiletés mesurées par les groupes de recherches. Des précisions ont toutefois été apportées afin de mieux refléter le type d'inhibition sollicité, soit l'inhibition évaluée par les tâches d'attention visuo-spatiale, l'inhibition mesurée par les tâches de type arrêt de signal (*go-nogo*) et l'inhibition sollicitée par les tâches de contrôle de l'interférence. Par ailleurs, au-delà des fonctions proposées par Miyake et collègues (2000, 2012) et par Friedman et Miyake (2016) d'autres fonctions exécutives ont également été extraites des études, soit l'attention, la planification et la fluence. En effet, selon le type d'analyse effectuée par le groupe de recherche de Miyake (analyses factorielles), il va de soi que les fonctions exécutives identifiées (inhibition, mémoire de travail et flexibilité) et généralement associées aux tâches sélectionnées, soient celles qui ressortent davantage. De plus, certaines des tâches de fonctions exécutives mises de l'avant par Miyake, Friedman et leurs collaborateurs permettent également d'appréhender d'autres fonctions exécutives fréquemment citées dans la littérature (par ex., la tâche de la tour d'Hanoï permet d'évaluer les capacités de planification d'un participant, malgré le fait qu'elle corrèle positivement avec la variable d'inhibition).

C'est pourquoi les fonctions de planification et de fluence, ainsi que les fonctions attentionnelles, étroitement liées aux fonctions exécutives ont également été extraites des études recensées.

Résultats

Afin de présenter la direction des performances mesurées entre les groupes de comparaison et d'en simplifier la présentation, des symboles (>, ~, <) ont été utilisés pour représenter les principaux « résultats ». Ainsi, un résultat statistique mesurant une différence significative entre le groupe TAC et le groupe contrôle (CTRL) est désigné par « TAC<CTRL » lorsque le groupe TAC performe de façon significativement inférieure et par « TAC>CTRL » lorsque le groupe TAC performe de façon significativement supérieure au groupe de comparaison. De plus, « TAC~CTRL » symbolise qu'aucune différence significative n'est obtenue entre les deux groupes. Le résultat du test statistique réalisé (« t », « F », etc.), de même que la valeur p permettant de rejeter l'hypothèse nulle alors qu'elle s'avère juste ont également été extraits des études recensées et présentées, lorsque rendus disponibles par les auteurs.

Enfin, une dernière donnée a été extraite afin d'indiquer les résultats des groupes TAC qui se situaient à un niveau cliniquement déficitaire, selon le seuil mentionné par les auteurs. Ainsi, dans le cas de mesures normalisées, la présence d'un « déficit clinique » a été indiquée, lorsque c'était le cas. Par ailleurs, lorsqu'aucun seuil de déficit

clinique n'était défini au sein de l'article, un seuil de deux écarts-types par rapport à la norme a été considéré pour le présent travail.

Résultats

La section suivante présente les résultats des études recensées selon les deux domaines cognitifs explorés chez les enfants TAC, soit les habiletés visuo-perceptives et les fonctions exécutives. Des tableaux présentant un résumé des résultats des études sont inclus pour chacune des sections.

Habiletés visuo-perceptives

Tel que mentionné précédemment, en neuropsychologie clinique, les habiletés visuo-perceptives sont typiquement évaluées à l'aide de deux types de tâches. Le premier type de tâches concerne les épreuves de traitement visuel sans composante motrice : des tâches visuo-perceptives qui nécessitent peu ou aucune intervention motrice, à l'exception du pointage. Parmi ces tâches, rappelons que l'on retrouve par exemple, les tâches de discrimination de formes, d'analyse de leur position spatiale, d'orientation linéaire, de rotation mentale et de mémoire visuo-spatiale (Beery et al., 2010; Hamill et al., 2013; Martin, 2006). Le deuxième type de tâches, lui, rassemble les épreuves qui requièrent l'intégration d'informations visuelles en une réponse motrice, notamment des tâches impliquant la manipulation du crayon (Beery et al., 2010; Hamill et al., 2013), bien que certaines épreuves peuvent également impliquer un autre type de composante motrice, notamment les tâches de visuo-construction (Osterrieth, 1944; Wechsler, 2012, 2014). Afin de tenter de mieux saisir le lien possible entre les habiletés visuo-perceptives et le TAC, les résultats des études recensées ayant mesuré ce type

d'habiletés auprès de groupes cliniques TAC à l'aide de mesures impliquant ou non une composante motrice sont présentés ci-dessous. Le Tableau 2 présente une synthèse de ces études qui sont ensuite décrites.

Tableau 2

Synopsis des études comparant les habiletés visuo-perceptives de groupes TAC à celui de groupes contrôles

Référence	Groupe TAC		Groupe contrôle	Type de mesure	Habileté mesurée	Tâche	Résultats	Résultat statistique	Déficit clinique
	n (âge ^a)	TAC ou caract. de TAC (A, B, C, D)							
Cheng et al. (2014)	17 (7,3)	A, B, C	17 (7,2)	Normalisée	Visuo-perceptive	<i>Visual discrimination</i> ¹	TAC < CTRL	N.D., p = 0.049	Non
				Normalisée	Visuo-perceptive	<i>Visual form-constancy</i> ¹	TAC < CTRL	N.D., p = 0.039	Non
				Normalisée	Visuo-perceptive	<i>Visual closure</i> ¹	TAC < CTRL	N.D., p = 0.009	Non
				Normalisée	Visuo-perceptive	<i>Visual sequential-memory</i> ¹	TAC < CTRL	N.D., p = 0.048	Non
Crawford et Dewey (2008)	27 (11,3)	A, B	73 (11,2)	Normalisée	Visuo-perceptive	Perceptual quotient ²	TAC ~ CTRL	N.A.	N.A.
				Normalisée	Visuo-constructive	Figure complexe de Rey (copie)	TAC ~ CTRL	N.A.	N.A.
Loh et al. (2011)	11 (10,1)	A, B, C, D	26 (11,0)	Normalisée	Raisonnement perceptif	Indice de Raisonnement perceptif ³	TAC < CTRL	F (3,57) = 3,02 p = 0.037	Non
Schoemaker et al. (2001)	19 (8,4)	A, B, C, D	19 (8,6)	Normalisée	Visuo-perceptive	<i>Motor reduced Perception quotient</i> ⁴	TAC ~ CTRL	N.A.	N.A.
					Intégration visuo-motrice	<i>Visual motor Integration quotient</i> ⁴	TAC < CTRL	N.D. p ≤ 0.002	Oui ^c

Tableau 3

Synopsis des études comparant les habiletés visuo-perceptives de groupes TAC à celui de groupes contrôles (suite)

Référence	Groupe TAC		Groupe contrôle	Type de mesure	Habilité mesurée	Tâche	Résultats	Résultat statistique ^b	Déficit clinique
	n (âge ^a)	TAC ou caract. de TAC (A, B, C, D)							
van Waelvelde et al. (2004)	36 (10,0)	A, B, C, D	36 (10,1)	Normalisée	Visuo-perceptive	Visual perception ⁵	TAC < CTRL	F(1,70) = 21,28 p < 0.001	Non
				Normalisée	Intégration visuo-motrice	Visual motor integration ³	TAC < CTRL	F(1,70) = 40,05 p < 0.001	Non
				Normalisée	Intégration visuo-motrice	Motor coordination ⁵	TAC < CTRL	F(1,70) = 14,83 p < 0.001	Non

Note.^a = Âge moyen (ans, mois), ^b = $\alpha=0,05$ pour l'ensemble des études recensées, ^c = Déficit clinique retrouvé chez certains enfants seulement, N.D. = Non disponible, N.A. = Non applicable, ¹ = TVPS-R, ² = TVPS, ³ = WISC-IV, ⁴ = DTVP-2 et ⁵ = Beery VMI

Mesures d'habiletés visuo-perceptives (avec ou sans composante motrice)

Une des mesures cognitives couramment utilisées par les cliniciens pour rendre compte du fonctionnement visuo-perceptif et visuo-spatial chez une clientèle pédiatrique est l'échelle de raisonnement perceptif (IRP) des échelles de Wechsler (WISC et WPPSI) : une batterie d'évaluation du rendement intellectuel (Wechsler, 2012, 2014). C'est d'ailleurs la mesure qu'ont utilisée Loh, Piek & Barrett (2011) dans leur étude qui avait pour but d'apporter un meilleur éclairage à l'étiologie du TAC. Pour ce faire, ils ont comparé les performances d'enfants âgés entre neuf et 12 ans, répartis en quatre groupes : un groupe clinique TAC (enfants correspondant aux 4 critères DSM-IV : A, B, C, D), un groupe TDAH, un groupe d'enfants ayant à la fois reçu un diagnostic de TAC et de TDAH (TAC + TDAH) et un groupe contrôle. Les auteurs rapportent des performances significativement plus faibles (voir Tableau 2) pour le groupe d'enfants TAC ($n = 11$) à l'indice de raisonnement perceptif abrégé (IRP), soit une mesure composée de deux épreuves, l'une impliquant une composante motrice (sous-test de « blocs »), l'autre non (sous-test de « matrices »), lorsque comparé au groupe d'enfants qui présente un TDAH ($n = 11$) et au groupe contrôle ($n = 26$). De plus, les auteurs soulignent la présence de différences significatives entre le groupe TAC + TDAH ($n = 11$) par rapport au groupe TDAH et par rapport au groupe contrôle, au profit du premier. Loh et ses collègues concluent donc en la présence d'un déficit au niveau des habiletés visuo-perceptives chez la population clinique TAC et avancent que le profil cognitif des enfants TAC serait différent de celui d'enfants atteints de TDAH. Or, et bien que des différences significatives soient retrouvées entre les groupes, il importe de

mentionner que les scores standards moyens rapportés à l'IRP demeurent dans la moyenne clinique pour tous les groupes.

Cheng et son groupe de recherche (2014) se sont eux aussi intéressés aux habiletés de perception visuelle d'enfants ayant des caractéristiques de TAC (A, B, C), dans le but d'examiner dans quelle mesure leurs déficits moteurs, évalués avec le MABC-2, étaient en lien avec leurs habiletés visuo-perceptives (sans composante motrice). Les auteurs rapportent une différence significative entre les deux groupes d'enfants âgés entre cinq et 10 ans, aux quatre sous-tests de discrimination visuelle sélectionnés du TVPS-R (Gardner, 1996). Plus spécifiquement, les enfants du groupe TAC (n = 17) recrutés dans cette étude obtiennent des performances plus faibles que le groupe contrôle (n = 17) aux épreuves de « discrimination visuelle », de « constance des formes », de « mémoire visuelle séquentielle » et de « figure-fond » (voir Tableau 2). Toutefois, une fois converties en notes standards, les performances du groupe TAC demeurent dans la moyenne clinique.

van Waelvelde et collègues (2004) ont, pour leur part, comparés les performances d'enfants (n = 36) âgés entre neuf et 10 ans et ayant des caractéristiques de TAC (A, B, C, D) à un groupe contrôle aux mesures de perception visuelle, de coordination motrice et d'intégration visuo-motrice du VMI (Beery, 1997), soit des tâches visuelles normalisées avec et sans composante motrice. Comme pour l'étude précédente, les auteurs concluent à des déficits significatifs des habiletés visuo-perceptives chez les

enfants TAC, tant pour les tâches qui requièrent une composante motrice que celles qui n'en requièrent pas. En effet, comparativement au groupe contrôle ($n = 36$), le groupe clinique TAC obtient, en moyenne, des performances plus faibles (voir Tableau 2). Toutefois, certains problèmes en lien avec la qualité méthodologique apparaissent importants à mentionner, car ils pourraient remettre en question les résultats de cette étude. En effet, les analyses statistiques de cette recherche ont été réalisées sur des données brutes et donc, les performances du groupe TAC ne tenaient pas compte du niveau d'âge des participants. Par ailleurs, de façon similaire aux deux études précédentes, aucun déficit clinique n'est retrouvé lorsque les scores moyens des groupes sont convertis en notes standards.

L'étude de Crawford et Dewey (2008) soulève toutefois un doute sur la présence d'un déficit des habiletés de perception visuelle chez les enfants TAC. En fait, ce groupe de chercheurs a comparé les performances de participants âgés de six à 12 ans et distribués dans sept groupes différents à des tâches visuo-perceptives et visuo-constructive afin d'investiguer la présence de déficits chez les enfants TAC. Les participants cliniques ont été répartis en six groupes : un groupe d'enfants ($n = 27$) correspondant à certains critères de TAC (A, B), un groupe d'enfants présentant un TDAH comme unique diagnostique, un autre groupe d'enfants ($n = 14$) ayant des difficultés d'apprentissage de la lecture (DA) et trois autres groupes d'enfants présentant à la fois un TAC et un trouble d'apprentissage en comorbidité (TAC + TDAH, TAC + DA, TAC + TDAH + DA). Un autre groupe d'enfants a également servi de

groupe contrôle. Les auteurs ne rapportent aucune différence significative entre les performances du groupe clinique TAC et celles du groupe contrôle, aux mesures du TVPS et de la copie de la figure de Rey (Gardner, 1988; Osterrieth, 1944). Cependant, les groupes d'enfants atteints d'un trouble d'apprentissage en comorbidité à un TAC (TAC + TDAH, TAC + DA, TAC + TDAH + DA) performant de façon significativement plus faible que le groupe TAC et que le groupe contrôle (voir Tableau 2). Les auteurs avancent donc que le TAC seul ne serait pas associé à des problèmes au niveau des habiletés visuo-perceptives, mais qu'un déficit des habiletés visuo-perceptives chez les enfants TAC serait plutôt associé à la présence de comorbidités (TDAH ou DA).

Les conclusions de Schoemaker et collègues (2001) sont elles aussi plus nuancées en ce qui a trait à un déficit des habiletés visuo-perceptives sous-jacent au TAC. Ces derniers ont comparé les performances à différentes mesures perceptuelles (visuelles, proprioceptives et tactiles), impliquant ou non une composante motrice, d'un groupe (n = 19) d'enfants âgés de six à 12 ans et présentant des caractéristiques de TAC (A, B, C, D) à un groupe contrôle (n = 19), dans le but d'étudier des différences au niveau du traitement de l'information. Aux mesures d'habiletés visuo-perceptives sans composante motrice, les auteurs rapportent que le groupe TAC obtient des performances significativement plus faibles à deux des quatre sous-tests d'habiletés visuo-perceptives du DTVP-2 (Hamill, Pearson, & Voress, 1993), soit les sous-tests de « position dans l'espace » et de « fermeture visuelle » comparativement au groupe contrôle (voir

Tableau 2). Il est également rapporté que le groupe TAC obtient des résultats aux mesures de perception visuelle avec composante motrice significativement plus faibles que le groupe contrôle à l'échelle globale d'intégration visuo-motrice ainsi qu'aux quatre sous-tests qui le composent : « coordination œil-main », « copie », « relations spatiales » et « vitesse d'intégration visuo-motrice » (voir Tableau 2). Toutefois, et bien que des différences significatives soient retrouvées entre les deux groupes, d'un point de vue clinique, ce ne sont pas tous les participants TAC qui obtiennent un score déficitaire (sous un écart-type). En fait et tel que les auteurs le soulèvent, respectivement 21 % et 47 % des participants TAC performant sous le seuil clinique aux sous-tests visuo-perceptifs de « position dans l'espace » et de « fermeture visuelle », de même que seulement 21 % des enfants obtiennent un score global d'intégration visuo-motrice déficitaire. Par ailleurs, les auteurs mentionnent qu'aucune différence n'est retrouvée entre les participants TAC et le groupe contrôle au score global d'habiletés visuo-perceptives, les poussant à conclure en l'absence d'une tendance consistante au niveau des déficits visuo-perceptifs chez les enfants TAC et illustrant, selon eux, l'hétérogénéité de cette population.

Fonctions exécutives

Au-delà des déficits visuo-perceptifs qui ont été rapportés chez les enfants TAC, l'étude de leur fonctionnement exécutif a également suscité l'intérêt de nombreux auteurs. Les fonctions exécutives explorées chez les groupes TAC concernent : l'attention, la mémoire de travail, l'inhibition, la fluence, la flexibilité mentale et la

planification, à des tâches qui impliquent ou non une composante motrice. Les résultats des études recensées sont présentés ci-dessous et synthétisés dans le Tableau 3.

Tableau 4

Synopsis des études comparant les fonctions exécutives de groupes TAC à celui de groupes contrôles

Référence	Groupe TAC		Groupe contrôle	Type de mesure	Habilités mesurées	Tâches	Résultats	Résultats statistiques ^b	Déficit clinique
	n (âge ^a)	TAC ou caract. TAC (A, B, C, D)							
Chen et al. (2012)	51 (9,6)	TAC _M	38 (9,7)	Expérimentale	Inhibition ⁱ	Paradigme de Posner	TR _{TACM} > TR _{CTRL}	F(4,198) = 4,15, p = 0.019	N.A.
	24 (9,6)	TAC _S		Expérimentale	Inhibition ⁱ	Paradigme de Posner	TR _{TACS} > TR _{CTRL}	F(4,198) = 4,15, p = 0.019	N.A.
de Castelnau et al. (2007)	24 (N.S.)	TAC	60 (N.S.)	Expérimentale	Attention soutenue	<i>Go-nogo</i>	TAC < CTRL	F(1,78) = 18.7, p < 0.0001	N.A.
Leonard et al. (2015)	23 (10,0)	TAC	30 (8,9)	Expérimentale	Inhibition ²	<i>Go-nogo</i>	TAC ~ CTRL	F < 1	N.A.
				Normalisée	Mémoire de Travail verbale	<i>Listening recallⁱ</i>	TAC ~ CTRL	N.A.	N.A.
				Normalisée	Mémoire de Travail non-verbale	<i>Odd-one-out</i>	TAC < CTRL	F(6,80) = 7.50, p < 0.001	N.D.
				Normalisée	Fluence verbale	<i>Fluidité verbaleⁱⁱ</i>	TAC ~ CTRL	N.A.	N.A.
				Normalisée	Fluence non-verbale	<i>Fluidité graphiqueⁱⁱ</i>	TAC < CTRL	F(6,79) = 5.07, p < 0.001	N.D.
				Normalisée	Planification verbale	<i>Sorting wordsⁱⁱ</i>	TAC ~ CTRL	N.A.	N.A.
				Normalisée	Planification non-verbale	<i>Non-verbal sortingⁱⁱ</i>	TAC ~ CTRL	N.A.	N.A.
Normalisée	Flexibilité cognitive verbale	<i>Trail-making-testⁱⁱ</i>	TAC ~ CTRL	N.A.	N.A.				

Tableau 5

Synopsis des études comparant les fonctions exécutives de groupes TAC à celui de groupes contrôles (suite)

Référence	Groupe TAC		Groupe contrôle	Type de mesure	Habilités mesurées	Tâches	Résultats	Résultats statistiques ^b	Déficit clinique
Auteurs (année)	n (âge ^a)	TAC ou caract. TAC (A, B, C, D)	n (âge)						
				Normalisée	Flexibilité cognitive non-verbale	<i>Intra-Extra Dimensional set shift</i> ⁱⁱⁱ	TAC ~ CTRL	N.A.	N.A.
				Normalisée	Inhibition ² verbale	<i>Verbal inhibition</i>	TAC ~ CTRL	N.A.	N.A.
				Normalisée	Inhibition ² non-verbale	<i>Motor-inhibition</i>	TAC < CTRL	F(6,80) = 6.40, p < 0.001	N.D.
Mandich et al. (2002)	20 (N.D.)	TAC	20 (N.D.)	Expérimentale	Inhibition ²	<i>Simon task</i>	TR _{TAC} > TR _{CTRL}	F(1,36) = 31.91, p = 0.006	N.A.
Mandich et al. (2003)	18 (9,9)	TAC	18 (9,8)	Expérimentale	Inhibition ¹	<i>Go-nogo</i>	TAC < CTRL	F(1,34) = 5.67, p = 0.0230	N.A.
Piek et al. (2007)	18	TAC	138	Expérimentale	Mémoire de travail	<i>Goal-neglect task</i>	TAC < CTRL	F(3,189) = 3.893, p = 0.011	N.A.
					Mémoire de travail	<i>Trail making memory updating</i>	TR _{TAC} > TR _{CTRL}	F(3,189) = 8.101, p = 0.004	N.A.
					Mémoire de travail	<i>Trail making memory updating</i>	TAC ~ CTRL	F(3,189) = 1.749, p = 0.159	N.A.
					Flexibilité cognitive	<i>Visual inspection</i>	TAC ~ CTRL	N.S.	N.A.
Pratt et al. (2014)	26 (9,11)	TAC	24 (9,7)	Normalisée	Planification	<i>Tour</i> ^{iv}	TAC < CTRL	F(3,46) = 26.82, p < 0.001	Oui ^d
				Normalisée	Planification	<i>Rotational bar</i>	TAC < CTRL	F(3,46) = 15.74, p < 0.001	N.D.

Tableau 6

Synopsis des études comparant les fonctions exécutives de groupes TAC à celui de groupes contrôles (suite)

Référence	Groupe TAC		Groupe contrôle	Type de mesure	Habilités mesurées	Tâches	Résultats	Résultats statistiques ^b	Déficit clinique
Auteurs (année)	n (âge ^a)	TAC ou caract. TAC (A, B, C, D)	n (âge)						
				Normalisée	Inhibition ³	Stroop	TAC < CTRL	F(3,42) = 9.59, p < 0.001	N.D.
				Normalisée	Inhibition ²	Cogner-Frapper ^{iv}	TAC ~ CTRL	F(3,45) = 2.04, p = 0,12	N.A.
Querne et al. (2008)	9 (9,9)	TAC	10 (10,0)	Expérimentale	Inhibition ²	<i>Go-nogo</i>	TAC ~ CTRL	N.S.	N.A.
					Attention soutenue	<i>Go-nogo</i>	TAC < CTRL	t(2,17) = 2.87, p = 0.011	N.A.
Ruddock et al. (2015)	10 (7,3) 16 (8,9) 16 (11,1)	A, B, C, D	26 (7,2) 38 (8,9) 23 (10,7)	Expérimentale	Inhibition ²	<i>Double-jump Reaching task</i>	TAC < CTRL	F(1,123) = 14.42, p < 0.001	N.A.
Tsai et al. (2009)	28 (9,5)	A, B, C, D	26 (9,5)	Expérimentale	Inhibition ¹	Paradigme de Posner	TR _{TAC} > TR _{CTRL}	F(1,52) = 120.08, p = 0.002	N.A.
Tsai et al. (2010)	30 (9,6)	A, B, C, D	30 (9,7)	Expérimentale	Inhibition ¹	Paradigme de Posner	TR _{TAC} > TR _{CTRL}	F(2,57) = 3.94, p = 0.022	N.A.
					Inhibition	Paradigme de Posner	TR _{TAC} > TR _{CTRL}	t(58) = 2.82, p = 0.007	
Tsai et al. (2012)	24 (11,6)	A, B, C, D	30 (11,6)	Expérimentale	Mémoire de travail visuo-spatiale	Paradigme de Posner	TAC < CTRL	F(1,52) = 28.09, p < 0.001	N.A.

Tableau 7

Synopsis des études comparant les fonctions exécutives de groupes TAC à celui de groupes contrôles (suite)

Référence	Groupe TAC		Groupe contrôle	Type de mesure	Habilités mesurées	Tâches	Résultats	Résultats statistiques ^b	Déficit clinique
Auteurs (année)	n (âge ^a)	TAC ou caract. TAC (A, B, C, D)	n (âge)						
Wilmot et al. (2007)	7(7,5)	A, B, D	10 (7,8)	Expérimentale	Inhibition ¹ motrice	<i>Gap paradigm</i>	TR _{TAC} > TR _{CTRL}	F(3,49) = 5.390, p < 0.01	N.A.
					Inhibition ¹ non-motrice	<i>Gap paradigm</i>	TR _{TAC} ~ TR _{CTRL}	N.S.	N.A.
Wilson et al. (1997)	20 (9,8)	A, B, C, D	20 (9,8)	Expérimentale	Inhibition ¹	Paradigme de Posner	TR _{TAC} ~ TR _{CTRL}	N.S.	N.A.
					Inhibition ¹	Paradigme de Posner	TR _{TAC} > TR _{CTRL}	F(1,38) = 6,82, p = 0.013	N.A.
Wilson et al. (1999)	20 (10,3)	A, B, C, D	20 (10,6)	Expérimentale	Inhibition ¹	Paradigme de Posner	TR _{TAC} ~ TR _{CTRL}	F(1,37) = 0.50, p = 0.485	N.A.
					Inhibition ¹	Paradigme de Posner	TR _{TAC} > TR _{CTRL}	F(1,38) = 5.38, p = 0.026	N.A.
Wuang et al. (2011)	71 (9,0)	A, B, C, D	70 (8,7)	Normalisée	Flexibilité cognitive	<i>Wisconsin Card Sorting Test</i>	TAC < CTRL	F = 414,69, p = 0.000 ^d	N.D.
Zhu et al. (2012)	39 (8,1)	TAC	39 (8,0)	Normalisée	Flexibilité cognitive	<i>Wisconsin Card Sorting Test</i>	TAC < CTRL	t(78) = 4,76, p < 0.001	N.D.

Note.^a= Âge moyen (ans, mois), ^b= $\alpha = 0,05$ pour l'ensemble des études recensées sauf si précision, ^c= $\alpha = 0,06$, ^d= Déficit clinique retrouvé chez certains enfants seulement, N.D. = Non disponible, N.A. = Non applicable, N.S.= Non significatif, T.R.= Temps de réaction, Inhibition¹= Désengagement attentionnel visuo-spatial, Inhibition²= Arrêt de signal (*go-nogo*), Inhibition³= Contrôle de l'interférence, ⁱ= WMTB-C, ⁱⁱ=D-KEFS, ⁱⁱⁱ= CANTAB, ^{iv}=NEPSY

Mesures d'inhibition

Parmi les études recensées, plusieurs auteurs se sont intéressés à l'orientation attentionnelle des enfants atteints de TAC. Le terme orientation attentionnelle est employé par Posner (1980) pour signifier : « l'alignement de l'attention avec une source externe ou avec une représentation sémantique stockée en mémoire ». Cette orientation attentionnelle avec une source externe peut être endogène et volontairement dirigée dans l'espace (p. ex., déplacer le regard dans une pièce vers l'horloge pour connaître l'heure), ou exogène, involontaire et automatiquement dirigée dans l'espace (p. ex., lorsque le regard est attiré par l'apparition d'une ombre en mouvement). En recherche, l'orientation attentionnelle est étudiée à l'aide de tâches expérimentales d'attention visuo-spatiale, aussi connues sous l'appellation de « paradigmes de Posner ». Dans la version classique de cette tâche, le participant, assis devant un écran d'ordinateur, reçoit la consigne de fixer des yeux un point central, puis de répondre manuellement dès qu'il détecte l'apparition d'une cible dans l'un ou l'autre des emplacements périphériques du point de fixation. Or, avant l'apparition de la cible à détecter et dans des délais variables, l'expérimentateur a recours à un indiçage spatial, souvent sous forme d'illumination brève d'une des localisations périphériques pouvant contenir la cible. Cet indice a pour objectif d'attirer l'attention du participant à un endroit de l'espace en particulier, ce qui suscite l'orientation involontaire, puisque les changements soudains de luminance attirent de façon automatique le regard vers leur emplacement. Toutefois, une seconde version du paradigme existe, laquelle sollicite cependant l'orientation attentionnelle volontaire, puisque l'indice (symbole) présenté au niveau du point de fixation central (p.

ex., des flèches) nécessite un décodage, pour orienter le regard intentionnellement vers l'endroit indicé (Wilson, Maruff, & McKenzie, 1997). Différentes conditions d'apparition de la cible sont observées : la condition « valide » dans laquelle la cible apparaît au même endroit que l'espace indicé ; la condition « non-valide » dans laquelle la cible apparaît dans l'espace controlatéral à l'indice, et la condition « contrôle » (ou neutre) pour laquelle, dépendamment des situations expérimentales, soit tous les emplacements sont indicés avant que la cible soit présentée, soit aucune cible n'est présentée à la suite de l'indication. Le type d'indices, la répartition des conditions d'essais (valeur prédictive de l'indice ou non) et le délai de présentation entre l'indice et la cible varient selon les situations expérimentales (Chen, Wilson, & Wu, 2012).

Les résultats typiquement observés dans ces tâches (Posner, 1980) démontrent qu'en condition valide, lorsque la cible apparaît à l'endroit indicé dans des délais temporels inférieurs à 300 ms, les temps de réaction sont généralement plus courts (effet de facilitation) qu'en condition neutre et qu'en condition non-valide. Lorsque le sujet a toutefois plus de temps pour effectuer les opérations nécessaires à l'orientation attentionnelle, l'indice perd son effet de facilitation (>800 ms). En revanche, on observe typiquement des temps de réaction plus longs au niveau des essais non-valides, parce que contrairement aux essais valides, ceux-ci provoquent des phénomènes de désengagement attentionnel qui ne sont pas nécessaires lors d'essais valides (les yeux sont déjà engagés sur la bonne cible). L'opération de désengagement attentionnel est habituellement calculée à partir de la différence entre les temps de réaction de la

condition valide et de la condition non-valide (Posner & Cohen, 1984). Cette différence est également parfois appelée : « effet d'indication ». Toutefois, selon les auteurs qui l'étudient, le désengagement attentionnel est aussi parfois considéré comme un processus qui relève davantage du contrôle de l'inhibition (Mandich et al., 2003; Tsai et al., 2009). Or, étant donné que le présent travail s'appuie sur le cadre théorique proposé par Miyake et Friedman (2012), qui reconnaît l'inhibition comme une des principales fonctions exécutives, le désengagement attentionnel sera aussi considéré comme étant un type d'inhibition.

Plusieurs groupes de recherche se sont intéressés à la tâche d'attention visuo-spatiale de Posner (1980) (en anglais *COVAT : Covert Orienting of Visuospatial Attention Task*), dans le but de déterminer si les difficultés des enfants TAC aux tâches visuo-perceptives qui comportent une composante motrice sont le résultat de leurs difficultés motrices, ou plutôt le résultat d'un déficit de la cognition. Selon ces chercheurs, les tâches d'attention visuo-spatiale, sollicitent peu d'habiletés motrices, ce qui en fait une mesure de choix pour évaluer les habiletés attentionnelles visuo-spatiales et/ou d'inhibition d'une clientèle présentant de faibles habiletés motrices. Parmi les premières études réalisées sur le sujet, Wilson et ses collègues (1997) ont examiné séparément le mode involontaire et le mode volontaire de l'attention visuo-spatiale afin de comparer les performances d'un groupe d'enfants ($n = 20$) ayant des caractéristiques du TAC (A, B, C, D) à un groupe contrôle ($n = 20$). Les deux groupes, âgés entre neuf et 10 ans, ont donc été testés à différentes tâches, pour lesquelles les délais de présentation

entre l'indice et la cible varient aléatoirement de 150 à 350 ms. Lors de la tâche en modalité involontaire, où les indices spatiaux sont présentés en localisation périphérique, selon une probabilité équivalente d'essais valides et non-valides (aucune valeur prédictive), les auteurs ne rapportent aucune différence significative entre les deux groupes pour les essais valides et non-valides à des intervalles de temps de 150 ms. Toutefois, les temps de réaction des essais valides et non-valides présentés à des intervalles de temps de 350 ms sont significativement plus importants chez le groupe TAC que chez le groupe contrôle (voir Tableau 3). Selon Wilson et ses collègues (1997), l'absence de différences significatives au niveau des essais non-valides chez le groupe TAC suggère que l'effet d'indilage est similaire pour les deux groupes et donc, que les enfants TAC ne présentent pas de difficultés au niveau du désengagement attentionnel involontaire. Toutefois, et contrairement au groupe contrôle, l'absence de diminution dans les temps de réaction du groupe TAC à 350 ms, suggère pour les auteurs que le groupe TAC ne bénéficie pas de l'effet de facilitation qu'engendre normalement le temps supplémentaire pour détecter une cible. Ils concluent par le fait même que les enfants TAC présentent des difficultés à utiliser les propriétés saillantes d'un indice spatial périphérique qui nécessite une réponse motrice.

Par ailleurs, lors d'une tâche d'indilage spatiale qui sollicite l'attention visuo-spatiale volontaire, où les indices centraux sont informatifs, puisqu'ils indiquent avec une grande probabilité (80 %) l'emplacement réel de la future cible, les auteurs rapportent une interaction significative entre le groupe (TAC/contrôle) et les conditions

d'essais (valide/non-valide). Ils observent en effet des temps de réaction similaires pour les deux groupes lors d'essais valides. Toutefois, lors d'essais non-valides, le groupe TAC obtient des temps de réaction significativement plus importants, et ce, indépendamment du délai de présentation (150 ou 350 ms) entre l'indice et la cible (voir Tableau 3). Selon Wilson, Maruff & McKenzie (1997), cela confirme un déficit du désengagement attentionnel volontaire, lors d'une tâche d'attention visuo-spatiale, chez les enfants TAC.

Quelques années plus tard, Wilson & Maruff (1999) ont reproduit une étude semblable à la première, à l'aide des mêmes situations expérimentales. Cependant, afin d'en connaître davantage sur l'étendue des déficits dans le domaine de l'inhibition chez les enfants TAC, ils ont prolongé la longueur des délais temporels entre la présentation de l'indice et de la cible (150 et 850 ms), censés faciliter la tâche (un plus grand délai implique davantage de temps pour effectuer un déplacement attentionnel, impliquant un désengagement et un réengagement attentionnel). Or, les auteurs rapportent des résultats comparables à leur première étude, soit des temps de réaction similaires entre le groupe ($n = 20$) TAC (A, B, C, D) et le groupe contrôle ($n = 20$), à une tâche d'attention visuo-spatiale involontaire, où les indices spatiaux sont présentés en localisation périphérique, selon une probabilité équivalente d'essais valides et non-valides à 150 ms et 850 ms (voir Tableau 3). Cela confirme, une fois de plus, selon les auteurs, l'intégrité des processus de désengagement attentionnel involontaire de l'attention visuo-spatiale chez les enfants TAC.

Toutefois, pour la tâche d'attention visuo-spatiale volontaire, où les indices centraux ont une haute valeur prédictive (80 % de chances que la cible apparaisse à l'emplacement périphérique indicé), les auteurs rapportent un lien significatif entre les groupes (TAC/contrôle) et les conditions d'essais (valide/non-valide). Ils indiquent que les enfants TAC sont significativement plus désavantagés (temps de réaction plus longs) lors des essais non-valides que le groupe contrôle. Bien que leurs temps de réaction lors d'essais valides demeurent similaires à ceux du groupe contrôle; en condition non-valide, le groupe TAC obtient des temps de réaction significativement plus longs, indépendamment du délai de présentation entre l'indice et la cible (150 ou 850 ms). Cela confirme, selon les auteurs, les résultats obtenus lors de leur étude précédente, avançant l'hypothèse d'un déficit du désengagement attentionnel volontaire chez les enfants TAC, même lorsqu'ils ont plus de temps pour orienter leur attention dans l'espace.

En ligne avec les études de Wilson et son groupe de chercheurs (1997; 1999), Tsai et collègues (2009) ont également fait un constat, quelques années plus tard, selon lequel les enfants TAC auraient un déficit de l'inhibition. Dans une autre version du paradigme de Posner, les auteurs ont enregistré l'activité cérébrale et comparé les performances d'un groupe ($n = 28$) d'enfants âgés entre neuf et 10 ans, correspondants à l'ensemble des critères du TAC (A, B, C, D) à celles d'un groupe contrôle ($n = 26$), afin de mieux comprendre les mécanismes d'activité cérébrale sous-jacents à l'attention visuo-spatiale. Toutefois, et étant donné l'objectif du présent travail, seuls les résultats obtenus aux mesures comportementales sont examinés. Ainsi, à une tâche d'attention visuo-spatiale

volontaire, où les indices centraux indiquent dans 60 % des essais l'emplacement réel de la future cible à 350 ms, les auteurs rapportent un lien significatif entre le groupe (TAC/contrôle) et les conditions d'essais (valide/non-valide) (voir Tableau 3). Les auteurs confirment donc les résultats obtenus par Wilson et ses collègues (1997 ; 1999) qui avancent l'hypothèse d'un déficit du désengagement attentionnel volontaire chez les enfants atteints de TAC.

Une seconde étude a été réalisée par le même groupe de chercheurs (Tsai, Pan, Chang, Wang, & Tseng, 2010), mais cette fois, de façon à cibler les mécanismes cérébraux sous-jacents au désengagement attentionnel involontaire. Ils ont en effet comparé les performances d'un groupe d'enfants ($n = 30$) âgés entre neuf et 10 ans, ayant des caractéristiques de TAC (A, B, C, D) à un groupe contrôle ($n = 30$) lors d'une tâche d'attention visuo-spatiale dans laquelle les participants devaient répondre en appuyant le plus rapidement possible sur la pédale du pied correspondant au côté d'apparition d'une cible (un astérisque). Toutefois, avant que la cible n'apparaisse, des indices centraux (paires d'yeux qui regardent à gauche et à droite) leur étaient présentés avec une valeur prédictive de 50 %, c'est-à-dire que l'indice indique dans 50 % l'emplacement valide de la future cible, donnant lieu à des essais valides (cible apparaît du côté indicé), invalides (cible apparaît du côté controlatéral à la cible) et neutres (aucun indice ne précède la cible). Lors de l'expérimentation, l'activité cérébrale des participants était par ailleurs simultanément enregistrée. Les auteurs ne rapportent aucune différence entre les groupes au niveau du nombre d'erreurs commises pendant

les tâches. Toutefois, le groupe TAC obtient des temps de réponse significativement plus longs, et ce, pour l'ensemble des conditions (valides, invalides, neutres). Par ailleurs, Tsai et ses collègues ont ajouté un élément d'analyse supplémentaire, soit l'effet d'inhibition motrice, introduit par Mandich, Buckolz et Polatajko (2002; 2003) et déterminé par la différence entre les temps de réaction aux essais valides et invalides. Les auteurs rapportent donc une différence significative entre les groupes au niveau de l'effet d'inhibition, soit une différence plus grande entre les temps de réaction aux essais valides et invalides pour le groupe TAC (voir Tableau 3). Ils supposent donc, que contrairement à Wilson et collègues (1997; 1999), les enfants TAC présentent un déficit du désengagement attentionnel involontaire et/ou de l'inhibition motrice, lors d'une tâche d'attention visuo-spatiale qui implique une composante motrice.

Wilmot, Brown et Wann (2007) ont également étudié l'attention visuo-spatiale chez un groupe d'enfants ayant des caractéristiques de TAC (A, B, D), mais cette fois en ciblant l'opération de désengagement attentionnel involontaire à l'aide de deux tâches distinctes, l'une impliquant une composante motrice et l'autre n'en impliquant aucune. Pour ce faire, le groupe de chercheurs a comparé les performances du groupe TAC à trois autres groupes contrôles, répartis selon leur âge, soit un groupe (n = 18) d'enfants âgés de trois ans, un groupe (n = 18) d'enfants âgés de quatre ans et un autre groupe (n = 10) d'enfants âgés de sept ans à une mesure expérimentale du désengagement attentionnel (*gap paradigm*). Les auteurs rapportent que les temps de réaction du groupe TAC sont significativement plus longs lors des essais non-valides qui impliquent une

composante motrice. Toutefois, aucune différence n'est retrouvée entre le groupe TAC et les trois groupes de comparaison (trois ans, quatre ans et sept ans) pour la tâche sans composante motrice (analyse des mouvements oculaires). Ceci suggère, selon eux, que les enfants TAC ne présentent pas seulement un déficit du désengagement attentionnel volontaire, mais bien également un déficit du désengagement attentionnel involontaire lors d'une tâche qui implique une composante motrice. Par ailleurs, une corrélation ($r = -0,423$, $p < 0.05$) est rapportée par Wilmot et collègues entre les performances du groupe contrôle et leur âge, pour la tâche d'attention visuo-spatiale qui implique une composante motrice, alors que dans une tâche similaire, sans composante motrice, aucune corrélation n'est relevée. Les auteurs avancent l'hypothèse selon laquelle l'attention visuo-spatiale subirait, chez les enfants au développement typique, une amélioration progressive entre les âges de trois et sept ans et qu'un déficit à ce niveau pourrait permettre d'expliquer une partie des déficits rencontrés aux tâches visuo-motrices chez les enfants TAC.

Mandich et ses collègues (2003) ont répliqué les études de Wilson et al. (1997; 1999), dans le but d'investiguer les fonctions d'inhibition chez les enfants TAC, tout en modifiant certains aspects des tâches d'attention visuo-spatiale volontaire utilisées par leurs prédécesseurs. En fait, selon Mandich et ses collègues, les situations expérimentales mises au point par Wilson et ses collègues recrutent simultanément l'attention volontaire et involontaire, puisque les cibles présentées en périphérie (région parafovéale) agissent comme indices exogènes, en ce qu'ils attirent possiblement le

regard de façon automatique. Par conséquent, les auteurs ont comparé les performances d'un groupe ($n = 18$) de participants âgés entre sept et 12 ans et référés pour un diagnostic de TAC à un groupe contrôle à l'aide de deux tâches d'attention visuo-spatiale volontaire, dans lesquelles les cibles étaient présentées en région fovéale (centrale); l'une où l'indice spatial comportait une haute valeur prédictive (80 % de chances que la cible apparaisse là où l'indice l'indiquait) et l'autre où l'indice spatial était sans valeur prédictive (25 %). De plus, contrairement aux études de Wilson et de ses collègues (1997; 1999), les participants étaient informés, dans la première situation expérimentale, de la valeur prédictive (80 %) de l'indice spatial, afin de s'assurer que celle-ci recrutait bien l'orientation attentionnelle volontaire. Par ailleurs, et dans le but d'investiguer davantage les fonctions d'inhibition chez les enfants TAC, une condition où les participants devaient ignorer certaines cibles en fonction de leur couleur (appuie lorsque cible est verte, n'appuie pas pour cercle rouge) a également été ajoutée. Les auteurs rapportent des différences significatives entre le groupe TAC et le groupe contrôle, lorsque l'indice présenté comporte une valeur prédictive (80 %). Les résultats de l'effet d'indication spatiale (essais non-valides provoquent normalement des temps de réaction plus lents que les essais valides) démontrent que les enfants TAC prennent significativement plus de temps que les individus du groupe contrôle à désengager volontairement (inhiber) leur attention d'un emplacement indicé (déficit du désengagement attentionnel) (voir Tableau 3). Par ailleurs, lorsque l'indice est sans valeur prédictive (25 % de probabilité), les auteurs avancent que contrairement à l'hypothèse commune, l'indice engendre tout de même un déplacement automatique de

l'attention (involontaire) à la localisation indiquée, et, en outre, que les enfants TAC sont aussi moins capable d'inhiber le déplacement de l'attention induit par l'indication que leurs pairs. Dans l'ensemble, les auteurs concluent que les enfants TAC présentent bel et bien un déficit du désengagement attentionnel volontaire, mais ajoutent qu'ils ont également plus de difficultés que leurs pairs à inhiber une réponse incorrecte (induite par un essai non-valide). Leur taux d'erreurs d'inhibition est, en effet, deux fois plus élevé que celui de leurs pairs. Toutefois, ce déficit de l'inhibition ne donne pas lieu à davantage de réponses prématurées (impulsives), puisque les enfants TAC font peu d'erreurs d'anticipation et dans une proportion similaire à celle de leurs pairs (TAC = 1,7 % et Contrôles = 2,2 %).

Chen, Wilson et Wu (2012) ont, par ailleurs, réalisé une étude dans le but de vérifier si les performances à une tâche d'orientation volontaire de l'attention d'un groupe clinique d'enfants TAC, âgés entre neuf et 10 ans, variaient en fonction de la sévérité de leurs problèmes de coordination motrice. Ainsi, les performances d'enfants ayant reçu un diagnostic de TAC, réparti selon le niveau de sévérité de leurs difficultés motrices, soit un groupe (n = 51) de TAC modéré (<15^e percentile) et un groupe (n = 24) de TAC sévère (<5^e percentile) ont été comparés à la performance d'un groupe (n = 38) d'enfants au développement neurotypique. Lors de l'expérimentation, les indices centraux sont informatifs, puisqu'ils indiquent avec une grande probabilité (72 %) l'emplacement réel de la future cible, à des intervalles de temps de 350 et 800 ms. Les auteurs ne rapportent aucune différence significative entre les trois groupes pour les essais valides et non-

valides à des intervalles de temps de 350 ms. Toutefois, ils relèvent qu'à 800 ms, les deux groupes TAC (modéré/sévère) sont significativement plus désavantagés (temps de réaction plus longs) que le groupe contrôle, lors d'essais non-valides (voir Tableau 3). Cela suggère pour Chen et collègues que tant les enfants TAC qui ont des problèmes moteurs modérés que les enfants TAC qui ont des problèmes moteurs sévères, connaissent un déficit du désengagement attentionnel volontaire attentionnel et/ou de l'inhibition.

Mandich et ses collègues (2002) considèrent que le désengagement attentionnel dont plusieurs auteurs ont avancé l'hypothèse d'un déficit chez la population TAC, serait en fait en lien avec un déficit plus général de l'inhibition. Par conséquent et afin d'investiguer davantage cette hypothèse, les performances d'un groupe ($n = 20$) ayant préalablement reçu un diagnostic clinique de TAC et correspondants à certains critères TAC (A, B, D) ont été comparés aux performances d'un groupe ($n = 20$) contrôle d'enfants, à une tâche expérimentale : la tâche de Simon (Simon & Rudell, 1967). Cette tâche est typiquement utilisée en recherche pour mesurer l'effet d'interférence et donc, les capacités d'un sujet à inhiber une réponse motrice automatique (inhibition). Le participant reçoit la consigne de répondre manuellement (bouton réponse dans chaque main) selon la couleur de la cible (p. ex., appuie à gauche lorsque la cible est verte et à droite lorsque la cible est rouge), tout en ignorant sa localisation spatiale (à gauche ou à droite d'un point central). On y distingue deux types d'essais : les essais compatibles, lorsque la cible apparaît du côté correspondant à la réponse préalablement établie, et les

essais incompatibles, lorsque la cible apparaît du côté controlatéral à la réponse pré-établie. Les résultats typiquement observés à cette tâche démontrent que le temps de réaction s'allonge et le taux d'erreurs augmente lors des essais incompatibles, comparativement aux essais compatibles, puisque contrairement aux essais compatibles, les essais incompatibles nécessitent d'abord l'inhibition d'une réponse erronée pour pouvoir répondre correctement. Ce phénomène est connu sous le nom d'« effet de Simon » ou « effet d'interférence » et est calculé à partir de la différence entre les temps de réaction aux deux types d'essais. Dans le cas de l'étude conduite par Mandich et ses collègues (2002), les auteurs rapportent que la taille de « l'effet d'interférence » est similaire pour les deux groupes d'enfants âgés entre sept et 12 ans, n'indiquant aucune différence quant au temps nécessaire pour inhiber une réponse motrice. Toutefois, le groupe TAC fait significativement plus d'erreurs aux essais incompatibles que le groupe contrôle, alors que les erreurs aux essais compatibles sont similaires pour les deux groupes, suggérant, selon les auteurs, un déficit de l'inhibition motrice chez cette population (voir Tableau 3).

Ruddock et ses collègues (2015) ont également évalué la capacité de trois groupes d'enfants ($n = 42$) ayant des caractéristiques de TAC (A, B, C, D), répartis en fonction de leur âge (6-7 ans, 8-9 ans et 10-12 ans), à inhiber une réponse motrice automatique, mais cette fois, via le : *Double-Jump Reaching Task*. Lors de cette tâche expérimentale, les participants sont assis devant un écran tactile et reçoivent soit l'instruction de toucher le plus rapidement possible une cible lumineuse en mouvement, ou bien d'éviter celle-ci,

en appuyant sur la localisation périphérique opposée. Cette tâche donne généralement lieu à trois types d'essais : le non-saut, lorsque le participant touche la cible lumineuse en point central, le saut lorsqu'il touche une des deux cibles à gauche ou à droite du point central et l'anti-saut (condition d'inhibition) lorsqu'il touche la localisation périphérique opposée à la cible lumineuse. Dans le cadre de l'étude de Ruddock et de son groupe de recherche, les temps de réaction, la durée et la trajectoire de mouvements des participants ont été mesurés à l'aide d'équipements spécialisés, afin d'évaluer plusieurs paramètres de l'inhibition. Comparativement au groupe contrôle ($n = 87$), les auteurs rapportent des temps de réaction significativement plus longs pour initier une réponse chez le groupe TAC ($n = 42$) et ce, pour l'ensemble des conditions mesurées (saut, non-saut et anti-saut). De plus, le groupe TAC prend significativement plus de temps pour effectuer leurs mouvements, lorsque sous contraintes (saut) et sous condition d'inhibition (anti-saut). Toutefois, lorsque les auteurs tiennent compte de l'âge, la différence significative retrouvée entre les deux groupes pour la condition d'inhibition (anti-saut) ne demeure que pour les groupes d'enfants plus jeunes (6-7 et 8-9 ans). En effet, le groupe TAC d'enfants âgés de 10 à 12 ans performe de façon semblable au groupe contrôle pour inhiber une réponse motrice sous contrainte (voir Tableau 3). Ruddock et ses collègues avancent donc également que les enfants qui présentent TAC présentent des difficultés à inhiber une réponse lors de mouvements dirigés vers une cible, nécessitant une correction en réponse à un changement inattendu aussi nommé *online control*, particulièrement durant la petite et la moyenne enfance (entre 6 et 9 ans). Selon eux, ce déficit de l'inhibition motrice ne serait toutefois plus apparent chez des

enfants TAC plus âgés, les laissant présumer que ce déficit se résorberait avec l'âge, mais qu'une période de développement prolongée serait nécessaire par rapport à des enfants au développement typique.

Mesures d'inhibition et autres mesures de fonctions exécutives

de Castelnaud, Albaret, Chaix et Zanone (2007) ont cherché à comprendre ce qui caractérisait le déficit de coordination motrice chez des enfants âgés entre huit et 13 ans, diagnostiqués de TAC. Leur étude visait, en effet, à vérifier si les habiletés motrices des enfants TAC pouvaient également être en lien avec leurs habiletés attentionnelles. Ils ont ainsi fait appel à deux groupes; un composé ($n = 24$) d'enfants ayant reçu un diagnostic TAC et un autre d'enfants au développement typique ($n = 60$) qu'ils ont ensuite subdivisé en trois groupes d'âge différents (8-9 ans, 10-11 ans et 12-13 ans). Leurs performances ont été comparées à deux mesures différentes soit : une tâche motrice visuo-perceptive et une tâche de type *go-nogo*; le *Continuous Performance Test (double version)*. Pour les auteurs, cette dernière est en fait une mesure d'attention soutenue où le participant doit répondre en enlevant son doigt le plus rapidement possible d'un bouton enfoncé lorsque deux lettres identiques lui sont présentées l'une à la suite de l'autre (survient dans 20 % des cas) et ignorer les autres. Les auteurs rapportent que le groupe TAC obtient un pourcentage significativement plus faible de bonnes réponses comparativement au groupe contrôle (74 % vs 86,2 %, respectivement). Cependant, les deux groupes ne diffèrent pas en termes d'erreurs d'inhibition (par ex., erreur où l'enfant enlève son doigt du bouton alors que deux lettres différentes apparaissent sur l'écran) ni

par rapport à leurs temps de réaction moyens (voir Tableau 3). Cela suggère selon les auteurs, que les enfants TAC ne présentent pas de déficit de l'inhibition, contrairement aux études précédentes, mais bien de plus faibles capacités d'attention soutenue, en lien avec un moins grand nombre de bonnes réponses. De plus, aucune corrélation n'est identifiée entre la tâche motrice visuo-perceptive et les capacités attentionnelles des enfants TAC. de Castelnau et collègues affirment donc que les difficultés de coordination motrice des enfants TAC seraient indépendantes de leurs capacités attentionnelles, bien que celles-ci demeurent plus faibles que celles de sujets contrôles.

Une étude similaire a été conduite par Querne et ses collègues (2008). De leur côté, ce groupe de recherche a souhaité en connaître davantage sur les zones cérébrales impliquées chez des enfants diagnostiqués de TAC, lors d'une tâche sollicitant l'inhibition, soit une tâche de type *go-nogo* (Casey et al., 1997). Les auteurs ont donc comparé les performances ainsi que l'activité cérébrale d'un groupe ($n = 9$) d'enfants âgés de huit à 13 ans ayant déjà reçu un diagnostic de TAC à un groupe contrôle ($n = 10$). Lors de l'expérimentation, les participants devaient appuyer sur la touche d'un clavier le plus rapidement possible lorsqu'une lettre alphabétique leur était présentée (essais valides), mais inhiber leur réponse (motrice) lorsque la lettre X leur était présentée (essais non-valides). Les auteurs rapportent que le groupe TAC connaît un nombre significativement plus élevé d'erreurs d'omission (absence de réponse en présence du stimulus), ainsi que des temps de réponse significativement plus longs et plus variables que le groupe contrôle lors d'essais valides. Toutefois, aucune différence

significative n'est relevée entre les deux groupes pour les essais non-valides exigeant l'inhibition d'une réponse motrice (voir Tableau 3). Malgré l'absence d'une différence significative entre les mesures comportementales des deux groupes sur le plan de l'inhibition, les auteurs précisent que l'activité cérébrale enregistrée suggère autrement. Alors qu'ils accomplissaient la tâche, le groupe TAC était en fait moins efficace que le groupe contrôle pour alterner entre les essais valides et non valides et les auteurs avancent qu'une certaine compensation pour maintenir un bon contrôle de l'inhibition avait probablement lieu alors que certaines zones du cerveau (cortex cingulaire antérieure) étaient suractivées par rapport aux sujets contrôles.

Afin d'en connaître davantage sur les mécanismes sous-jacents aux déficits visuo-spatiaux chez les enfants TAC, Tsai, Chang, Hung, Tseng, Chen (2012) ont comparé les performances ainsi que l'activité cérébrale d'un groupe ($n = 24$) d'enfants âgés entre neuf et 10 ans, ayant des caractéristiques de TAC (A, B, C, D) à un groupe contrôle ($n = 30$), alors qu'ils effectuaient des tâches sollicitant la mémoire de travail visuo-spatiale n'impliquant pas de composante motrice importante (bouton réponse). Les participants devaient, en fait, évaluer si la position et la direction de deux coccinelles présentées simultanément ou présentées de façon séquentielle et avec délais (trois et six secondes) étaient identiques ou non. Les auteurs rapportent que le groupe TAC performe de façon similaire au groupe contrôle pour la tâche sans délai, alors qu'il performe significativement moins bien pour les deux tâches avec délais (trois et six secondes). Plus spécifiquement, pour les tâches avec délais, le groupe TAC obtient un pourcentage

de bonnes réponses significativement moins élevée ainsi qu'un temps de réponse significativement plus long que le groupe contrôle (voir Tableau 3). Des différences sont également rapportées aux mesures d'activités cérébrales à des tâches visuo-spatiales avec délai temporel, alors que le groupe TAC déploie moins de ressources cognitives pour l'évaluation des localisations spatiales, correspondant à la phase d'encodage en mémoire de travail. Également, le groupe TAC alloue moins d'efforts au choix de réponse motrice (appuyer sur un bouton lorsque les stimuli sont identiques et sur un autre lorsque ceux-ci sont différents) et engage moins de processus neurologiques pendant la phase de récupération en mémoire de travail, comparativement au groupe contrôle. La combinaison de ces résultats suggère, selon les auteurs, que les enfants TAC n'ont pas de difficultés à traiter les informations visuo-spatiales, tel qu'en témoigne l'absence de différences entre les deux groupes dans la condition de traitement visuo-spatial qui ne sollicitent pas la mémoire de travail (sans délai temporel). Toutefois, les enfants TAC présenteraient bel et bien, selon les auteurs, un déficit de la mémoire de travail visuo-spatiale.

Piek, Dyck, Francis et Conwell (2007) ont, quant à eux, évalué différents aspects du fonctionnement exécutif chez des enfants, âgés de six à 14 ans, préalablement diagnostiqués de TAC, afin de comparer ceux-ci à des enfants ayant un TDA/H ainsi qu'à un groupe contrôle. Trois mesures expérimentales ont été administrées aux différents groupes. Deux de ces mesures évaluaient la mémoire de travail. La première était une tâche de changement de but (C.B.) où les participants devaient, dans un premier

temps, nommer le stimulus (lettres/chiffres) présenté par exemple, à la gauche d'un point de fixation central où apparaissait un symbole (+/-) indiquant un changement de règle et dans un deuxième temps, soit continuer (-) à nommer les stimuli du même côté (p. ex., à gauche) ou changer (+) de côté (p. ex., à droite). Pendant la passation, plusieurs changements de règles étaient présentés aux participants, en alternance. La deuxième tâche administrée: le *Trailmaking Memory Update* (TTMU) était également une tâche de mémoire de travail où le participant devait indiquer si des lettres présentées sur ordinateur étaient des lettres cibles (p. ex., A, B, C, D) et si elles étaient présentées dans le bon ordre alphabétique (p. ex., B si la lettre A vient d'être présentée). La troisième mesure : une tâche d'inspection visuelle (TIV) évaluait, quant à elle, la vitesse de traitement et la flexibilité cognitive des participants, alors que ceux-ci devaient, dans un premier temps, appuyer sur un bouton (p. ex., bouton rouge) le plus rapidement possible lorsque deux lignes étaient de longueurs identiques, ou sur un autre bouton réponse (p. ex., bouton bleu) lorsqu'elles étaient de longueurs différentes et, dans un deuxième temps, inverser la couleur des boutons réponses avec le choix de réponse (p. ex., bouton bleu devient le bouton pour signaler deux lignes identiques et le bouton rouge pour signaler des lignes de longueurs différentes). Les auteurs rapportent que le groupe d'enfants TAC performe significativement moins bien sur l'ensemble des mesures de fonctions exécutives proposées. Plus précisément, le groupe TAC obtient significativement moins de bonnes réponses à l'épreuve de C.B., comparativement aux deux autres groupes (TDA/H et contrôle). De plus, leur temps de réponse est significativement plus long et plus variable au TTMU, bien que le nombre de bonnes

réponses demeure semblable aux deux autres groupes. Enfin, à la TIV, les enfants TAC prennent significativement plus de temps pour effectuer leur inspection visuelle, mais aucune différence significative n'est retrouvée entre les deux groupes dans la condition de flexibilité cognitive (voir Tableau 3).

Deux études différentes se sont également intéressées au fonctionnement exécutif d'enfants ayant préalablement reçu un diagnostic de TAC (Wuang, Su, & Su, 2011; Zhu, Tang, & Shi, 2012), mesuré à l'aide du test de classement de cartes du Wisconsin (WCST: *Wisconsin Card Sorting Test*). Dans l'étude de Zhu et collègues (2012), le groupe (n = 39) d'enfants TAC, âgés entre six et 11 ans, performe moins bien que le groupe contrôle (n = 39) sur la plupart des résultats obtenus au WCST. Plus spécifiquement, une différence significative est obtenue au niveau du total de réponses correctes, des réponses de persévération, des erreurs de persévération, du nombre de catégories complétées et du nombre d'essais avant que la première catégorie soit complétée. Toutefois, aucune différence n'est obtenue entre les groupes pour les résultats de réponses totales et d'erreurs sans persévération (voir Tableau 3). Les auteurs constatent que les performances significativement plus faibles des enfants TAC reflètent la présence de déficits exécutifs, au niveau des capacités d'abstraction, de catégorisation et de flexibilité mentale (erreurs de persévération). Wuang et ses collègues (2011) ont également comparé les performances d'un groupe d'enfants TAC, âgés de sept à 11 ans à un groupe contrôle (n = 70) au WCST. Cependant, leur étude visait également à connaître l'impact des fonctions exécutives sur le fonctionnement scolaire d'enfants

TAC, par le biais d'un questionnaire : le *SFA* ou le *School Function Assessment* (Coster, Deeney, Haltiwanger, & Haley, 1998). Les auteurs rapportent eux aussi des différences entre les deux groupes, alors que le groupe TAC performe significativement moins bien que le groupe contrôle aux mêmes indices que l'étude précédente (nombre total de réponses correctes, réponses de persévération, d'erreurs de persévération, de catégories complétées et d'essais avant de compléter la première catégorie; voir Tableau 3). En outre, le groupe TAC obtient aussi des scores significativement plus faibles que le groupe contrôle à huit des 19 échelles du questionnaire d'évaluation du fonctionnement scolaire, d'autant plus que celles-ci corrélaient significativement avec les mesures de fonctions exécutives du WCST. Wang et collègues avancent donc que non seulement les faibles habiletés motrices des enfants TAC ont un impact sur la réalisation de leurs activités quotidiennes, mais que leur fonctionnement exécutif y joue également un rôle important.

Tout récemment, Leonard, Bernardi, Hill et Henry (2015) ont appréhendé un grand éventail de fonctions exécutives (verbales et non-verbales) chez des enfants ayant des difficultés motrices afin de mieux comprendre la relation entre fonctionnement moteur et cognitif. Pour ce faire, les chercheurs ont comparé trois groupes différents : un groupe ($n = 23$) d'enfants ayant préalablement reçu un diagnostic de TAC, un groupe ($n = 38$) d'enfants ayant des difficultés motrices (D.M.) et présentant des caractéristiques de TAC (A, B, C, D), sans toutefois n'avoir reçu encore de diagnostic officiel, à un groupe contrôle ($n = 38$). Les tâches administrées mesuraient les habiletés de mémoire de

travail, de fluidité, de planification, de flexibilité cognitive et d'inhibition dans une composante verbale ou non-verbale. Pour les deux tâches de mémoire de travail (verbale et non-verbale), une quantité croissante d'informations étaient présentées et les participants devaient effectuer un certain traitement, puis se rappeler de détails particuliers. Plus spécifiquement, pour la tâche *Listening recall* (mémoire de travail exécutive verbale), les enfants devaient juger de la véracité de certains énoncés lus par l'expérimentateur, puis se rappeler plus tard le dernier mot de chacun des énoncés dans l'ordre. Pour la tâche *Odd-One-Out* (mémoire de travail exécutive non-verbale), les participants devaient pointer une des trois figures qui n'allaient pas avec les deux autres, puis se rappeler ensuite l'emplacement exact de la figure éliminée à l'aide d'une grille vide. Pour mesurer la fluidité, les tâches de fluidité verbale et de fluidité graphique de la D-KEFS ont été administrées. Les participants avaient alors une minute pour trouver le plus de mots débutant par une lettre ou appartenant à une catégorie (tâche verbale) et pour dessiner le plus de motifs à partir de points noirs et/ou blancs (tâche non-verbale). Les habiletés de planification verbales et non-verbales ont également été évaluées à l'aide de la D-KEFS : la tâche de classement (*Sorting Test*), où les participants devaient classer six cartes en deux groupes, selon des mots (p. ex., animaux/ transports; tâche verbale) ou selon des caractéristiques perceptuelles (p. ex., bleu/jaune; tâche non-verbale). Pour mesurer l'habileté de flexibilité cognitive verbale, la tâche de Trail Making (D-KEFS) a été administrée aux participants, en entier. C'est toutefois la condition où les groupes à l'étude devaient relier les chiffres et les lettres tout en alternant entre les deux qui a spécifiquement servi de mesure de flexibilité cognitive.

Pour le versant non-verbal, les participants devaient choisir entre deux formes de couleurs différentes et trouver, à partir de rétroactions la règle permettant d'obtenir la bonne réponse, à la tâche *Intra-Extra Dimensional Set Shift*. Enfin, les capacités d'inhibition des participants ont été mesurées à l'aide de la tâche *Verbal Inhibition, Motor Inhibition (VIMI)*, permettant à la fois d'évaluer les versants verbal et non-verbal. Les participants devaient, dans un premier temps, imiter une séquence de mots (verbal) ou de gestes (non-verbal) et ensuite dire/faire le contraire de ce que l'examineur disait/faisait (condition d'inhibition). En ce qui concerne les résultats de cette étude, les auteurs ne rapportent aucune différence entre les groupes aux tâches de planification (verbale et non-verbale; voir Tableau 3). Toutefois, le groupe TAC obtient des résultats significativement inférieurs au groupe contrôle à des mesures non-verbales de mémoire de travail, de fluence et d'inhibition, respectivement mesurées par les tâches *Odd-one-out*, *fluidité graphique* et *VIMI*. Or, les performances du groupe D.M. sont aussi significativement plus faibles que le groupe contrôle, aux tâches non-verbales de mémoire de travail exécutive (*Odd-one-out*), de fluidité (fluidité graphique), d'inhibition (*VIMI*) et de flexibilité cognitive (*Intra-Extra Dimensional Set Shift*), indiquant que les enfants qui ont des problèmes moteurs, mais qui n'ont pas encore été identifiés TAC, pourraient présenter des difficultés exécutives non-verbales semblables à celles d'enfants TAC. Enfin, aucune différence n'est retrouvée entre les groupes pour l'ensemble des tâches évaluant les fonctions exécutives de modalité verbale.

Pratt, Leonard, Adeyinka et Hill (2014) ont quant à eux, investigué le fonctionnement exécutif d'enfants TAC, dans le but de vérifier si les déficits exécutifs avancés par certains auteurs étaient en lien avec la composante motrice présente dans les épreuves administrées. Ainsi, Pratt et son groupe de recherche ont comparé les habiletés de planification et d'inhibition (avec composante motrice élevée ou composante motrice réduite) d'un groupe d'enfants ($n = 26$) ayant des caractéristiques de TAC (A, B, C, D) à un groupe contrôle d'enfants âgés de six à 14 ans ($n = 24$). Les mesures de planification utilisées étaient la tâche de la tour de la NEPSY, où les participants devaient déplacer des boules sur des tiges à partir d'une configuration initiale, selon certaines règles (Korkman, Kirk & Kemp, 2007; composante motrice réduite) et la tâche de barre de rotation, où les participants devaient adopter la bonne position de main de façon à saisir et déposer correctement une des deux extrémités d'une tige dans un disque de couleur (Rosenbaum et al., 1990; composante motrice élevée). Les mesures d'inhibition consistaient en la tâche de Stroop, où les participants devaient nommer la couleur de l'encre d'un mot, lequel est lui-même également une couleur (Stroop, 2004; composante motrice réduite) et la tâche « cogner et frapper » de la NEPSY, où les participants, à l'aide de leur main dominante, devaient exécuter une série d'actions, contraire à l'expérimentateur (Korkman et al., 2007; composante motrice élevée). Les auteurs rapportent que le groupe TAC présente des difficultés significatives aux mesures de planification et d'inhibition, comparativement au groupe contrôle. Plus spécifiquement, le groupe TAC performe significativement moins bien que le groupe contrôle aux deux mesures de planification (avec composante motrice réduite ou élevée),

mais seulement à une des deux mesures d'inhibition, soit celle impliquant une composante motrice réduite. Ainsi, aucune différence statistique n'est obtenue entre le groupe TAC et le groupe contrôle à la tâche d'inhibition avec composante motrice élevée : « cogner et frapper » de la NEPSY (voir Tableau 3). Les auteurs expliquent cette différence en évoquant la force de prépondérance de l'information à inhiber, soit le contrôle de l'interférence qui serait plus exigeant pour la tâche sans composante motrice (Stroop) que pour la tâche avec composante motrice (cogner-frapper). Les auteurs ajoutent également qu'aucune corrélation significative n'est retrouvée entre les habiletés motrices et les mesures de fonctions exécutives évaluées, pour les deux groupes. Ils soulignent en conclusion, l'importance du choix des mesures de fonctions exécutives chez des groupes cliniques TAC, puisque contrairement à leurs hypothèses de départ, la composante motrice n'affecte pas la performance des enfants TAC.

Discussion

L'objectif principal de ce travail était d'évaluer si l'état des connaissances scientifiques pouvait mettre en relation des déficits de perception visuelle et/ou des fonctions exécutives aux enfants TAC. Maintenant que les résultats des études recensées ont été présentés sur la base des fonctions cognitives généralement associées au TAC, la prochaine section fournira une synthèse critique de ces résultats. Puis, les forces et limites de la présente recension seront discutées, avant de conclure sur les différentes retombées cliniques que soulève ce travail.

Les habiletés de visuo-perceptive des enfants TAC

Bien que des déficits visuo-perceptifs aient été largement cités dans la littérature générale sur le TAC (Wilson et al., 1998; Wilson et al., 2013), il est difficile d'affirmer qu'ils constituent une caractéristique commune et propre aux enfants TAC. En effet, parmi les études recensées, certains auteurs n'ont rapporté aucun déficit de perception visuelle chez les enfants TAC (Crawford & Dewey, 2008). Dans l'étude de Crawford et Dewey (2008), seuls les enfants qui présentaient à la fois un TAC et un autre trouble comorbide se démarquaient des autres groupes par leurs performances significativement plus faibles à des mesures visuo-perceptives et de visuo-construction. Ce groupe de chercheurs suggérait donc que des déficits visuo-perceptifs chez les enfants TAC soient plutôt liés à la présence d'autres troubles comorbides (troubles d'apprentissages, TDAH, etc.). Par ailleurs, d'autres auteurs n'ont rapporté des déficits cliniquement significatifs

que chez certains participants à des mesures visuo-perceptives avec et sans composante motrice (Schoemaker et al., 2001). En effet, lorsque les scores des participants de cette étude étaient considérés individuellement, un déficit clinique aux tâches visuo-perceptives (sans composante motrice) n'était retrouvé que chez une minorité d'enfants TAC, alors qu'un déficit clinique aux tâches d'intégration visuo-motrice (avec composante motrice) n'était retrouvé que chez la moitié des enfants TAC. Ces résultats portaient à croire que des déficits visuo-perceptifs chez les enfants TAC ne constituaient pas une caractéristique commune à tous les individus de cette population clinique. En revanche, trois études ont aussi rapporté la présence de déficits chez les enfants TAC, alors qu'ils performaient moins bien à des tâches visuo-perceptives (Cheng et al., 2014; van Waelvelde et al., 2004), d'intégration visuo-motrice (van Waelvelde et al., 2004) et de raisonnement perceptif (Loh et al., 2011). Ainsi, les conclusions des cinq études qui ont traité des habiletés visuo-perceptives avec et sans composante motrice des enfants TAC étaient partagées.

Or, au-delà de l'hétérogénéité de ces résultats, une analyse plus approfondie permet de constater certaines lacunes, notamment au niveau de l'identification des groupes cliniques TAC et du choix des variables analysées. En retour, ceci affecte la validité des résultats de recherche, en plus de remettre en question la possibilité de les généraliser à l'ensemble de la population TAC. Il s'avère donc important de s'y attarder plus longuement, étant donné que ce constat va à l'encontre du principal courant de pensée qui attribue généralement des déficits visuo-perceptifs aux enfants TAC.

Lacunes des études mesurant les habiletés visuo-perceptives

D'abord, parmi les études qui traitent des habiletés visuo-perceptives, des lacunes sont observées au niveau de l'identification des participants TAC, ce qui sème le doute à savoir si les enfants étudiés correspondaient réellement à des enfants TAC sur le plan clinique. En effet, bien que l'objectif du présent travail était d'inclure seulement les études dont les participants correspondent réellement à des caractéristiques de TAC, certains critères diagnostiques (B, C et D) ne sont toujours pas opérationnalisés de façon optimale, ce qui a un impact sur la généralisation des résultats à l'ensemble de la population clinique. Ainsi, sur les cinq études recensées, la vérification de ces critères diagnostiques s'avère questionnable dans chacune d'entre elles (Cheng et al., 2014; Crawford & Dewey, 2008; Loh et al., 2011; Schoemaker et al., 2001; van Waelvelde et al., 2004). Par exemple, Cheng et collègues (2014) ont affirmé avoir étudié les habiletés visuo-perceptives (sans composante motrice) d'un groupe clinique d'enfants TAC (A, B, C). Or, les auteurs ne mentionnent pas de quelle façon ils ont validé le critère diagnostique concernant l'impact fonctionnel des faibles performances motrices dans le quotidien (critère B). Bien qu'on puisse supposer que celui-ci ait été validé par le médecin ayant effectué le bilan médical des participants ou par l'entremise des questionnaires d'observation parentaux, il est également possible de se demander si les enfants identifiés présentaient réellement des problèmes moteurs significatifs au quotidien.

Par ailleurs, peu de contrôle est généralement fait, au sein des études recensées, pour éliminer la présence d'autres troubles, susceptibles d'engendrer des déficits moteurs. Par exemple, Crawford et Dewey (2008) ont affirmé avoir comparé les habiletés visuo-perceptives d'un groupe d'enfants TAC à plusieurs autres groupes (TDAH, TAC + comorbidité, contrôle). Or, les auteurs ne spécifient pas comment ils ont procédé pour s'assurer que les difficultés motrices des participants correspondaient réellement à celles du TAC et non à une déficience motrice observée dans d'autres conditions médicales (p ex. dystrophie musculaire, paralysie cérébrale, trouble dégénératif, etc.). De plus, il est possible que certains des participants cliniques identifiés présentaient aussi un faible rendement intellectuel et donc, que leurs difficultés motrices s'inscrivaient dans un contexte de déficience intellectuelle, plutôt que dans un contexte de TAC. En effet, le fonctionnement intellectuel des participants n'a pas été mesuré dans l'étude de Crawford et Dewey (2008), ni, par ailleurs, dans l'étude de Cheng et collègues (2014). Ceci remet en question la validité des résultats obtenus, puisque les difficultés motrices pour lesquelles les participants ont été identifiés pourraient bien s'inscrire dans un autre contexte (condition médicale ou déficience intellectuelle) que celui d'un TAC.

Peu de contrôle est également fait, au sein des études recensées, pour éliminer la présence d'autres troubles, susceptibles d'influencer les performances à des mesures visuelles. Or, il a déjà été établi que les enfants TAC présentent fréquemment d'autres troubles neurodéveloppementaux (TDAH, dyslexie, dyscalculie, etc.) et que ceux-ci

augmentent parallèlement la probabilité de connaître un déficit visuo-perceptif chez les enfants TAC (Crawford & Dewey, 2008). Cela remet donc en question les résultats de l'étude de van Waelvelde et collègues (2004), pour qui le tiers des enfants du groupe clinique (n = 10) provenaient d'écoles spéciales, sans toutefois qu'aucun contrôle n'ait été fait pour éliminer la présence d'autres troubles d'apprentissages. En effet, les déficits visuo-perceptifs significatifs observés au VMI (copie de formes, perception visuelle et coordination motrice) chez ce groupe clinique pourraient aussi bien être associés à la présence d'un autre trouble qui n'aurait pas été détectée lors de l'identification des participants (p. ex., dyslexie). De la même façon, Schoemaker et collègues (2001) n'ont pas non plus vérifiés la présence d'autres troubles développementaux ni de troubles d'apprentissage auprès de leur groupe clinique, alors que certains participants TAC connaissent des déficits visuo-perceptifs significatifs au DTVP-2 (avec et sans composante motrice). En effet, ces quelques participants ont possiblement obtenu de plus faibles performances que les autres enfants aux difficultés motrices, parce qu'ils étaient en fait atteints d'un autre trouble qui engendrait des déficits de la perception visuelle. Tout comme dans l'étude de van Waelvelde et collègues (2004) cela remet également en question la validité des résultats obtenus, puisque les déficits visuo-perceptifs observés dans ces deux études pourraient bien être associés à la présence d'un autre trouble en comorbidité (troubles d'apprentissage ou d'attention, déficience intellectuelle, etc.), plutôt qu'au TAC lui-même.

Parmi les études recensées, des lacunes sont également identifiées en lien avec le choix des variables analysées, ce qui a un impact sur les conclusions qui peuvent être émises. En effet, certains auteurs affirment avoir identifié des déficits visuo-perceptifs chez les enfants TAC. Or, les performances de certains groupes cliniques, bien qu'inférieures à celles de groupes contrôles sur le plan statistique, ne le sont toutefois pas sur le plan clinique (Cheng et al., 2014; Loh et al., 2011; van Waelvelde et al., 2004). En d'autres mots, lorsque les scores moyens des enfants TAC à des mesures normalisées qui tiennent compte du niveau d'âge des participants sont convertis en notes standards, les performances des groupes de participants n'atteignaient pas le seuil du déficit clinique. Il importe donc de rappeler la différence entre un résultat statistiquement significatif et un résultat cliniquement significatif. Par convention, un résultat est généralement considéré statistiquement significatif lorsqu'il y a moins de 5 % ($p \leq 0,05$) de chance que la différence retrouvée entre deux groupes, ou une plus grande différence, se produisent par hasard si l'ensemble des performances de la population visée avait pu être évaluée. Or, un résultat statistiquement significatif n'indique pas l'importance de la différence observée et n'est pas non plus sensible aux unités de mesure (Gross-Portney & Watkins, 2000). À lui seul, ce type de résultat ne permet donc pas de déterminer si la différence obtenue est suffisamment importante pour avoir des répercussions sur le plan clinique. Dans le cas des études recensées, cette distinction, entre un résultat statistiquement significatif et un résultat cliniquement significatif, ne semble pas toujours avoir été considérée. L'étude de Van Waelvelde et collègues (2004) qui concluait en un déficit visuo-perceptif chez les enfants TAC

constitue un bon exemple. Ainsi, la différence entre les moyennes des deux groupes atteint un seuil statistiquement significatif ($p \leq 0,001$), indiquant qu'il y a moins de 0,1 % de chances que la différence retrouvée entre les performances des enfants TAC et le groupe de comparaison soit le fruit du hasard. Or, lorsqu'on s'attarde à cet écart entre les deux groupes, on constate que celui-ci ne s'avère pas pertinent sur le plan clinique. En effet, bien que le groupe TAC obtienne des performances inférieures au groupe de comparaison, aucun déficit clinique (-1,5 écart type) n'est retrouvé lorsque les scores moyens des groupes sont convertis en notes standards. Selon ce raisonnement, c'est donc dire que l'enfant TAC ne peut être distingué de l'enfant au développement neurotypique sur la base de ses performances à des mesures normées d'habiletés visuo-perceptives avec ou sans composante motrice (Beery VMI). Le même constat est valable pour l'étude de Cheng et collègues (2014) et de Loh et collègues (2011) qui concluent également à des déficits significatifs des habiletés visuo-perceptives avec et sans composante motrice chez les enfants TAC (TVPS-R et IRP). Lorsque convertis en scores standards, les moyennes des groupes demeurent effectivement dans la moyenne pour leur âge.

Par ailleurs, d'autres lacunes sont également observées en lien avec le choix des variables analysées. En effet, celles-ci ne tiennent pas toujours compte des propriétés psychométriques des mesures utilisées, en ce qui a trait à la validité et à la fidélité. En fait, la majorité des chercheurs utilisent et traitent les sous-échelles (sous-tests) des mesures de la perception visuelle avec et sans composante motrice, comme si elles

étaient des mesures distinctes et unitaires de ce construit, alors que leurs propriétés psychométriques ne soutiennent généralement pas une telle utilisation. D'ailleurs, des coefficients de validité et de fidélité supérieurs à la limite acceptable ($>.50$) ont seulement été documentés pour les scores globaux (de composite) des instruments recensés (TVPS, TVPS-R, VMI, DTVP-2), alors qu'on ignore les propriétés psychométriques de leurs sous-échelles (Burtner, et al., 1997). Par conséquent, les analyses statistiques effectuées sur des sous-échelles, comme l'on fait la majorité des groupes des chercheurs (Cheng et al., 2014; Crawford & Dewey, 2008; Schoemaker et al., 2001; van Waelvelde et al., 2004), pourraient ne pas pouvoir être considérées comme valides.

Par ailleurs, l'écart important entre les âges des participants TAC ne semble pas avoir été considéré dans certaines des analyses effectuées par les chercheurs. Trois groupes de recherches (Schoemaker et al., 2001; Cheng et al., 2014; Crawford & Dewey, 2008) ont, à cet effet, inclus des participants dont les âges variaient de façon importante (respectivement : 6-12 ans, 5-10 ans et 8-17 ans). Plus particulièrement, des groupes de recherche ont réalisé des analyses statistiques sur des données brutes (Cheng et al., 2014; Crawford & Dewey, 2008) qui ne tenaient pas compte de l'âge des participants. Or, ces deux facteurs mis ensemble font que les performances des groupes cliniques ne considèrent pas les changements développementaux qui ont lieu sur le plan visuel et moteur à l'enfance, ce qui induit une importante variabilité au sein des résultats. Cette variabilité sème un doute à savoir si les résultats obtenus par ces deux

groupes de recherche étaient réellement valides. En réalité, les performances des enfants TAC auraient dû être comparées aux groupes contrôles à l'aide de scores standards, distribués en sous-groupes selon l'âge des participants, de façon à tenir compte de l'écart entre les âges des participants.

Somme toute, des lacunes subsistent au sein des études recensées qui traitent des habiletés visuo-perceptives avec et sans composante motrice chez les enfants TAC, remettant en question la validité des résultats obtenus ainsi que leur possibilité de généralisation. En effet, il semble que d'une part, certains groupes d'enfants identifiés comme ayant des caractéristiques de TAC ne correspondent possiblement pas à des enfants TAC et que, d'autre part, les faibles performances de ces enfants pourraient être attribuées à d'autres variables (p. ex., présence de comorbidité) pour lesquels aucun contrôle statistique n'a été fait. Plus encore, les déficits visuo-perceptifs rapportés par certains auteurs sont discutables, puisqu'une majorité d'entre eux n'atteignent pas le seuil du déficit cliniquement significatif chez les enfants TAC et ce, autant pour les tâches qui comportent une composante motrice que celles qui n'en comportent pas. En réalité, lorsqu'on considère les scores de ces enfants de façon individuelle, les déficits observés ne demeurent que chez une minorité d'individus, nous poussant à croire qu'il ne s'agit pas réellement d'une caractéristique qui leur est commune. Considérant le tout, les études jusqu'à maintenant ne permettent pas de mettre en lumière un déficit de la perception visuelle chez les enfants TAC, tel que l'avance certains auteurs d'approche neuropsychologique (Mazeau, 2000). Ceci étant dit, le fait d'observer des différences

statistiques entre les moyennes des groupes, même si ces différences n'atteignent pas le seuil clinique, une tendance s'en dégage néanmoins : les performances des groupes TAC sont tout de même plus faibles que les performances des groupes contrôles. Il y a donc raison de croire que les enfants TAC se comportent différemment sur le plan visuo-perceptif des enfants au développement typique.

Les fonctions exécutives des enfants TAC

Contrairement aux résultats concernant les habiletés visuo-perceptives des enfants TAC, l'état des connaissances scientifiques suggère qu'un déficit des fonctions exécutives peut être associé à cette population clinique. D'abord, rappelons que la présence d'un déficit est supportée de façon unanime par chacune des 17 études recensées. Dans l'ensemble, les enfants TAC obtiennent, en effet, des performances généralement plus faibles et plus variables à des mesures de fonctions exécutives, comparativement à leurs pairs au développement neurotypique. Plus précisément, les déficits rapportés concernent au moins une des trois composantes des fonctions exécutives identifiées par Miyake et collègues (2000), soit l'inhibition, la mémoire de travail et la flexibilité cognitive, bien que tous ne s'entendent pas pour dire quel processus est atteint de façon spécifique. De plus, les résultats obtenus pointent, de façon plus marquée, vers un déficit significatif de l'inhibition chez la population clinique d'enfants ayant un TAC. Ainsi, la prochaine section résumera, dans un premier temps, les résultats des études ayant mesurées les fonctions exécutives des enfants TAC, puis

dans un deuxième temps, tentera d'apporter un éclairage à ce qui pourrait expliquer la variabilité retrouvée au sein des performances de groupes cliniques TAC.

À la lumière des travaux publiés, les enfants TAC démontrent plus de difficultés que leurs pairs à manipuler mentalement de l'information en modalité visuelle (mémoire de travail), ainsi qu'à faire preuve de flexibilité cognitive (Leonard et al., 2015; Piek et al., 2007; Tsai et al., 2012; Wuang et al., 2011; Zhu et al., 2012). Or, si l'on considère le modèle des fonctions exécutives de Miyake et Friedman (2012) qui conçoit l'inhibition comme une fonction de base aux fonctions de mémoire de travail et de flexibilité cognitive, il est possible que les déficits observés à ces tâches soient davantage en lien avec un déficit de l'inhibition. Cette hypothèse est d'ailleurs supportée par la littérature sur le TAC, où la majorité des déficits exécutifs se manifestent à des tâches qui font appel au contrôle de l'inhibition (13 études sur 17). Les études recensées démontrent en effet que les enfants TAC performant moins bien à des tâches qui nécessitent un désengagement attentionnel volontaire ou involontaire, un bon contrôle de l'interférence ainsi qu'une bonne capacité à arrêter une réponse prépondérante ou déjà en cours, soit des tâches qui font appel à différentes facettes de l'inhibition (Chen et al., 2012; Leonard et al., 2015; Mandich et al., 2002; Mandich et al., 2003; Piek et al., 2007; Pratt et al., 2014; Querne et al., 2008; Ruddock et al., 2015; Tsai et al., 2009; Tsai et al., 2010; Wilmot et al., 2007; Wilson et al., 1997; Wilson et al., 1999). En lien avec leurs faibles capacités d'inhibition, les enfants TAC sont également moins capables de réguler un bon niveau d'attention, notamment dans des situations expérimentales mesurant les capacités

d'attention soutenue (de Castelnau et al., 2007; Querne et al., 2008) et d'attention sélective (Wilson et al., 1997; Wilson et al., 1999; Tsai et al., 2009; Tsai et al., 2010). De plus, ils allouent moins de ressources attentionnelles à l'évaluation de stimuli (Tsai et al., 2012) et ont plus de difficultés à utiliser les propriétés saillantes de ces stimuli (Wilson et al., 1997). Ainsi, l'ensemble des difficultés de groupes cliniques TAC à des tâches qui mesurent les fonctions exécutives pointent vers un déficit significatif et plus marqué du contrôle de l'inhibition.

Cependant, bien que des déficits soient relevés à une multitude de tâches des fonctions exécutives, et plus particulièrement en ce qui a trait à l'inhibition, des écarts demeurent entre les patrons de performances des groupes cliniques d'enfants TAC. En effet, ces écarts peuvent être observés entre différents groupes cliniques, mais également pour un même groupe TAC entre différentes tâches des fonctions exécutives. Il apparaît donc pertinent de chercher à comprendre, pourquoi tous les groupes cliniques TAC ne rencontrent pas les mêmes déficits et ce qui pourrait expliquer cette variabilité. D'abord, les différences relevées entre les études sur le plan méthodologique, notamment en ce qui a trait à l'identification de participants cliniques, aux variables mesurées ainsi qu'aux mesures des fonctions exécutives seront abordées. Puis, dans un second temps, les situations où les chercheurs n'ont relevé aucun déficit chez les enfants TAC seront examinées, afin d'expliquer ce qui pourrait potentiellement engendrer cette variabilité.

Variabilité des performances exécutives des enfants TAC : exploration des facteurs de causes possibles

D'abord, des différences sont relevées entre les études par rapport aux types de participants identifiés au sein des groupes cliniques. En effet, certains groupes cliniques sont composés de participants déjà diagnostiqués de TAC, alors que d'autres sont plutôt constitués d'enfants ayant des caractéristiques de TAC (A, B, C, D) et identifiés dans le cadre de la recherche. Dans le premier type d'échantillon, les enfants ayant déjà été diagnostiqués de TAC par une équipe médicale sont, la plupart du temps, référés par des professionnels de la santé. Dans le deuxième type d'échantillon, les enfants sont généralement recrutés en milieux scolaires et référés par leur enseignant pour des difficultés motrices, mais peuvent également être identifiés par l'entremise d'un questionnaire d'observation parental (critère B). Dans un second temps, les participants sont habituellement assignés au groupe TAC lorsque leurs performances motrices, évaluées à l'aide d'une mesure standardisée, atteignent le seuil clinique préétabli par les auteurs (critère A). Or, on pourrait croire que ces deux groupes (TAC vs caractéristiques de TAC) ne sont pas équivalents, puisque certains auteurs ont, par exemple, relevé que les enseignants n'identifient pas correctement tous les enfants qui présentent des troubles de la coordination motrice, notamment lorsque ceux-ci manifestent des comportements difficiles nuisant au fonctionnement de la classe (Rivard, Missiuna, Hanna, & Wishart, 2007). Toutefois, parmi les études qui traitent des fonctions exécutives chez les enfants TAC, tant les groupes cliniques composés de participants déjà diagnostiqués de TAC que les groupes d'enfants ayant des caractéristiques de TAC (A, B, C, D) présentent des déficits aux différentes tâches évaluant les fonctions exécutives. De la même façon,

Leonard et collègues (2015) ont retrouvé des déficits similaires à plusieurs tâches des fonctions exécutives pour deux groupes de participants différents : l'un, des enfants déjà diagnostiqués de TAC et l'autre, des enfants ayant des caractéristiques de TAC (A, B, C, D). Il ne semble donc pas que le type d'échantillon explique la variabilité retrouvée entre les performances de groupes TAC aux différentes tâches exécutives.

Des différences sont également observées au niveau du seuil de déficit clinique pour catégoriser les performances motrices de participants ayant des caractéristiques de TAC à des mesures normalisées. Le seuil clinique du 15^e percentile est en effet adopté par la majorité, en ligne avec les recommandations diagnostiques actuelles (EACD, 2011), bien que d'autres seuils de déficit (5^e et 10^e centile) soient observés parmi les études recensées (Piek et al., 2007; Wilmot et al., 2007; Tsai et al., 2009; Tsai et al., 2010; Tsai et al., 2012). Or, des déficits significatifs des fonctions exécutives demeurent présents, tant chez les participants identifiés à l'aide d'un seuil clinique comme de l'autre (15^e vs 5-10^e percentile). De la même façon, certains auteurs (Chen et al., 2012) ont affirmé que des groupes TAC, identifiés selon leurs niveaux de performance à une mesure normalisée d'habiletés motrices (5^e percentile pour groupe sévère et 15^e percentile pour groupe modéré), connaissent autant de déficits significatifs à une tâche d'inhibition (désengagement attentionnel volontaire) indépendamment du « niveau de sévérité » de leurs difficultés motrices. Or, ces conclusions ne sont pas surprenantes, étant donné que les mesures d'habiletés motrices ne sont pas conçues pour mesurer un niveau de sévérité, mais bien pour détecter la présence de difficultés motrices chez les enfants qui

performent en dessous d'un certain seuil clinique (15^e percentile). Par conséquent, il n'est pas étonnant que cet aspect ne contribue pas à expliquer la variabilité entre les performances des enfants TAC.

Des différences sont également constatées par rapport au contrôle qui est fait pour identifier la présence de comorbidité (exclusion, contrôle statistique, etc.) chez les groupes TAC. En effet, alors que dans la majorité des cas, les chercheurs ont comme critère d'exclusion d'autres troubles qui pourraient interférer avec les résultats, par exemple, des troubles développementaux, des troubles attentionnels ou des troubles du comportement, certaines études n'en font pas mention (Chen et al., 2012; Mandich et al., 2003; Wilmut et al., 2007). Toutefois, des déficits des fonctions exécutives sont autant relevés chez des groupes de participants qui ne présentent aucune autre condition (mention d'exclusion des comorbidités dans la méthodologie) que chez des groupes de participants qui pourraient en présenter (aucune mention d'exclusion des comorbidités dans la méthodologie). D'ailleurs, Leonard et collègues (2015) ont exclu de leur étude tous les participants qui présentaient un autre trouble, indépendamment de la nature de celui-ci. Un contrôle statistique a également été effectué lors du traitement des données pour des symptômes d'inattention et d'hyperactivité qui demeuraient plus élevés chez certains participants (même après exclusion de TDAH). Malgré ces précautions, des déficits exécutifs, notamment à des tâches qui font appel à l'inhibition, demeurent présents chez le groupe TAC par rapport au groupe contrôle. Ainsi, la présence ou

l'absence de comorbidités chez les enfants TAC ne semblent pas être en mesure d'expliquer la variabilité au sein de leurs performances.

Par ailleurs, des différences sont relevées entre les études recensées quant au type de variables comportementales analysées par les auteurs. En effet, la plupart des études qui ont relevé des déficits significatifs des fonctions exécutives chez un groupe d'enfants TAC, ont eu recours à des temps de réaction (Chen et al., 2012; Mandich et al., 2002; Mandich et al., 2003; Ruddock et al., 2015; Tsai et al., 2009; Tsai et al., 2010; Wilmot et al., 2007). On pourrait donc croire que les enfants TAC rencontrent seulement des déficits aux tâches des fonctions exécutives en lien avec une vitesse d'exécution plus lente. Cependant, les études qui ont appréhendé les fonctions exécutives de groupe TAC à l'autre d'autres variables que des temps de réaction (erreurs et/ou bonnes réponses), rapportent également des déficits exécutifs (Leonard et al., 2015; Pratt et al., 2014; Wang et al., 2011; Zhu et al., 2012). Ainsi, les enfants TAC rencontrent des déficits tant pour les tâches des fonctions exécutives où les variables analysées reposent sur des temps de réaction, que pour les tâches où d'autres variables (p. ex. bonnes réponses, erreurs). Plus encore, quelques études ont rapporté les deux types de variables (temps de réaction et nombre de bonnes/mauvaises réponses) pour une même tâche et il est possible de constater que les enfants TAC présentent des difficultés à conserver une bonne rapidité d'exécution tout en faisant peu d'erreurs à différentes tâches des fonctions exécutives (Piek et al., 2007; Tsai et al., 2012). En effet lorsque les enfants TAC obtiennent des taux d'erreurs similaires aux groupes contrôles, ils prennent plus de

temps pour effectuer la tâche (temps de réaction plus longs). Par contre, lorsque leurs temps de réaction sont similaires à ceux du groupe contrôle (prennent autant de temps pour effectuer la tâche), ils font davantage d'erreurs. De façon générale, il semble donc que les enfants TAC aient des difficultés à conserver un bon ratio de vitesse-précision à des tâches qui mesurent les fonctions exécutives. Il n'est, par conséquent, pas étonnant que des déficits soient observés dans un type de variable comme dans l'autre et que cet aspect ne permette pas d'expliquer la variabilité au sein des performances des enfants TAC.

Les tâches proposées aux groupes de recherche diffèrent également selon le niveau de composante motrice impliqué. En effet, pour la majorité des déficits rapportés, la composante motrice au sein des tâches nécessite peu de coordination, puisque les participants répondent généralement à l'aide d'un bouton réponse ou d'un clavier d'ordinateur (Chen et al., 2012; Mandich et al., 2002; Mandich et al., 2003; Piek et al., 2007; Tsai et al., 2009; Tsai et al., 2010; Tsai et al., 2012; Wilson et al., 1997; Wilson et al., 1999; Wuang et al., 2011; Zhu et al., 2012). Seulement une étude a rapporté un déficit significatif chez les enfants TAC à une tâche d'inhibition cognitive ou de contrôle de l'interférence, qui ne comportaient aucune composante motrice (*Stroop*; Pratt et al., 2014). Par ailleurs, des déficits significatifs sont également rapportés chez les enfants TAC pour des tâches qui font appel à une composante motrice plus complexe, notamment à la *Tower Task* (NEPSY) et à la *Rotational Bar Task* (Pratt et al., 2014) ainsi qu'à une tâche expérimentale qui nécessite l'arrêt d'une réponse motrice en cours

(Ruddock et al., 2015). Ainsi, bien que des différences soient relevées au niveau de la composante motrice impliquée dans les tâches des fonctions exécutives, ces différences ne permettent pas d'expliquer ce pourquoi ce ne sont pas tous les groupes TAC qui expérimentent les mêmes déficits, puisque de faibles performances sont autant observées pour les tâches de fonctions exécutives qui comportent peu, voir aucune composante motrice que celles qui en comporte une de façon plus importante.

Somme toute, de nombreuses différences peuvent être constatées entre les études qui rapportent des déficits exécutifs chez les enfants TAC. Toutefois, la plupart de ces différences ne semblent pas être en mesure d'expliquer, à elles seules, la variabilité entre les résultats des groupes TAC. Il apparaît donc pertinent, dans un deuxième temps, d'extraire les situations où les enfants TAC ont obtenus des performances similaires à leurs pairs au développement typique afin de mieux saisir pourquoi tous les groupes cliniques ne connaissent pas des déficits équivalents à des tâches des fonctions exécutives.

D'abord, de Castelnau et collègues (2007) ont documenté l'absence d'un déficit de l'inhibition. Dans cette étude, le groupe de participants cliniques, bien que moins attentif, a fait autant d'erreurs d'inhibition (erreurs de commissions) que le groupe contrôle à une tâche d'attention soutenue (*CPT-Double Version*). Querne et collègues (2008) ont également comparé un groupe d'enfants TAC à un groupe contrôle sur une mesure similaire d'attention soutenue (*CPT*). Toutefois, dans leur cas, les résultats

d'imagerie cérébrale ont permis de voir que des déficits de l'inhibition sont en réalité bien présents (activation cérébrale différente chez les enfants TAC) chez les enfants TAC, mais que les résultats aux mesures comportementales (erreurs de commissions) ne permettent pas d'objectiver ces déficits. Il est donc possible que des problèmes de l'inhibition étaient également présents chez les participants cliniques de l'étude réalisée par de Castelnau et collègues (2007), mais que ceux-ci n'ont pu être détectés par l'entremise de mesures comportementales.

Pour Ruddock et collègues (2015), l'absence de déficit n'est toutefois observée que chez certains participants TAC. En effet, les chercheurs rapportent des résultats similaires et non déficitaires entre les participants plus âgés (10-12 ans), indépendamment de leur groupe d'appartenance (TAC vs Contrôle), à une tâche qui nécessite l'inhibition d'une réponse motrice en cours (*Double-Jump Reaching Task*). En revanche, les groupes TAC âgés de six à sept ans et de huit à neuf ans présentent des déficits significatifs de l'inhibition motrice. Il semble donc que l'inhibition d'un geste déjà en cours connaisse possiblement une trajectoire développementale différente chez les enfants TAC. Bien qu'intéressante, cette hypothèse ne repose toutefois que sur les résultats d'une seule étude et nécessite d'être explorée davantage. De plus, le même parallèle ne semble pas pouvoir être établi entre l'âge des participants TAC et d'autres tâches d'inhibition, puisqu'aucune autre étude ne rapporte de corrélation significative entre l'âge des participants et le groupe TAC.

Leonard et collègues (2015), rapportent également aucun déficit des fonctions exécutives chez deux groupes de participants TAC (participants déjà diagnostiqués de TAC et participants ayant des caractéristiques de TAC) pour plusieurs tâches de modalité verbale (fluence, mémoire de travail, inhibition et flexibilité cognitive) ainsi que pour deux tâches de planification verbale et visuelle. Or, les mesures de planification choisies par les chercheurs (*Sorting Words* et *Non-verbal Sorting*), des épreuves de classement de cartes contenant des mots (verbale) et des images (visuelle) font en réalité toutes deux appels à des concepts verbaux similaires de catégorisation (classes sémantiques; couleurs, formes, etc.). Ainsi, mis à part les tâches de planification, les déficits d'inhibition chez les enfants TAC semblent concerner principalement les tâches en modalité visuelle, selon cette recherche. En revanche, Wuang et collègues (2011), ainsi que Zhu et collègues (2012) font tous deux états de déficits significatifs de flexibilité cognitive chez des enfants TAC à des épreuves de classement de cartes sur ordinateur, qui sont également considérées comme étant des tâches verbales. Ainsi, bien que les enfants TAC connaissent davantage de déficits en tâches visuelles, certaines tâches verbales posent également problème chez cette population. Il importe de mentionner que les fonctions exécutives qui font appel à des concepts verbaux ont été beaucoup moins étudiées, auprès d'enfants TAC. Compte tenu des difficultés langagières qui leur sont fréquemment associées (Alloway & Archibald, 2008), il ne serait pas surprenant que les déficits exécutifs des enfants TAC concernent autant les épreuves visuelles que verbales; des études additionnelles sont nécessaires à ce sujet.

Pratt et collègues (2014) ont aussi rapporté des performances contradictoires pour un même groupe d'enfants TAC à deux tâches de l'inhibition. En effet, les chercheurs n'observent aucun déficit significatif à une épreuve d'inhibition motrice (*NEPSY* : « Cogner-Frapper ») chez un groupe de participants TAC, alors que le même groupe performe moins bien dans une tâche du contrôle de l'interférence (tâche de Stroop). Ce résultat peut être surprenant compte tenu du fait que les difficultés motrices constituent une des caractéristiques principales des enfants TAC. Toutefois, tel que mentionné précédemment, des déficits des fonctions exécutives sont autant observés chez les enfants TAC pour des tâches qui comportent une composante motrice que celles qui n'en comportent pas. En fait, lorsqu'on compare les deux épreuves d'inhibition de l'étude de Pratt et collègues (2014), plusieurs différences émergent, au-delà de l'aspect moteur des tâches. D'abord, dans l'épreuve « cogner-frapper » le participant doit supprimer une réponse motrice automatique (p. ex, faire un geste contraire), tandis que dans la deuxième (Stroop), le participant doit plutôt écarter des informations automatisées et non pertinentes à la tâche pour réussir (p. ex., nommer la couleur tout en ignorant le mot). Ces tâches sollicitent donc différents types d'inhibition (Nigg, 2000). Or, si l'on considère l'ensemble de la littérature sur le TAC, des déficits significatifs sont fréquemment rapportés à des tâches qui, comme l'épreuve « cogner-frapper », nécessitent l'arrêt d'une réponse (Mandich et al., 2002; Mandich et al., 2003; Leonard et al., 2015). Ainsi, l'absence de déficit ne semble pas pouvoir être expliquée par le type d'inhibition sollicité par la tâche (contrôle de l'interférence vs arrêt d'une réponse cognitive/motrice). D'un autre côté, pour l'épreuve « cogner-frapper », l'information à

inhiber (inhiber un geste moteur non significatif) ne relève pas d'une habileté autant automatisée que dans la deuxième tâche (Stroop). Cette dernière repose en effet sur des habiletés de lecture, généralement hautement automatisées (parce que souvent pratiquées) à l'âge scolaire. Il est donc probable que des tâches plus automatisées génèrent un conflit cognitif plus important, puisqu'elles sont plus prédominantes et qu'elles sont, par conséquent, également plus difficiles à inhiber que des tâches qui sont moins automatisées. Si les enfants TAC présentent réellement un déficit de l'inhibition, cela pourrait expliquer pourquoi les tâches plus automatisées, qui font appel à un niveau d'inhibition plus complexe sont plus susceptibles d'engendrer des difficultés auprès de cette population clinique. Par ailleurs, une autre des différences observées entre les deux tâches de Pratt et collègues (2014) est que l'une d'elles (tâche de stroop) s'avère plus exigeante sur le plan de l'attention visuelle, puisque plusieurs informations sont présentées de façon simultanée au répondant. Cette dernière nécessite donc possiblement la mise en place de stratégies pour être effectuée correctement, contrairement à la première. Or, comme mentionné, les enfants TAC rencontrent des difficultés accrues dans ces deux domaines (de Castelnau et al., 2007; Martini, 2004; Querne et al., 2008). Ainsi, il est possible que les enfants TAC rencontrent des déficits exécutifs dans des tâches d'inhibition qui s'avèrent plus complexes.

Cette hypothèse pourrait, par ailleurs, être supportée par Wilmut et collègues (2007), puisque ces chercheurs ont également rapporté des performances contradictoires entre deux tâches d'inhibition dont le niveau de complexité variait possiblement. En

effet, des performances similaires entre les participants TAC et le groupe contrôle dans une tâche de désengagement involontaire de l'attention (*Gap Paradigm*) sans composante motrice sont observés. Toutefois, un déficit significatif est constaté lorsque cette même tâche d'inhibition comporte une composante motrice. Or, au-delà de la composante motrice qui distingue ces deux tâches, il est probable que la première tâche soit également plus exigeante sur le plan de l'inhibition que la seconde, et donc plus complexe à réaliser. En effet, contrairement à la tâche d'inhibition sans composante motrice, dans la deuxième tâche, l'inhibition doit intervenir à deux niveaux différents, soit inhiber la pensée tout en inhibant le geste. Ainsi, il est possible que le niveau d'inhibition requis pour la tâche avec composante motrice soit plus complexe que celui de la tâche sans composante motrice. D'un point de vue plus global, cela pourrait signifier que les enfants TAC réussissent moins bien aux tâches complexes, qui sont exigeantes sur le plan de l'inhibition. En fait, si l'on considère l'ensemble des écrits scientifiques qui se sont intéressés aux fonctions exécutives des enfants TAC, cela fait également sens, puisque davantage de déficits sont répertoriés à des tâches faisant appel au contrôle de l'inhibition.

Enfin, le niveau d'inhibition au sein des tâches exécutives semble pouvoir expliquer en partie ce qui occasionne une variabilité au sein des performances chez les enfants TAC. En effet, l'exploration des situations où les enfants TAC ne présentaient pas de déficits a permis de voir que ces derniers rencontrent principalement des difficultés face à des tâches d'inhibition qui impliquent un niveau de complexité plus important. En

effet, les tâches où l'information à inhiber est plus automatisée (ou prépondérante) et/ou qui nécessitent la mise en place de stratégies pour être effectuées correctement sont significativement déficitaires chez les enfants TAC. En revanche, la modalité de la tâche (verbale ou visuelle), le type d'inhibition requis (arrêt d'une réponse, désengagement attentionnel, contrôle de l'interférence) et l'implication motrice au sein des tâches ne semblent pas contribuer à la variabilité des performances exécutives chez les enfants TAC.

Ensemble, le fait que les enfants TAC présentent davantage de déficits exécutifs aux tâches qui requièrent un niveau d'inhibition plus soutenue et que ce soit également cette variable qui permette de différencier les enfants TAC du point de vue exécutif, confirme que des difficultés au niveau du contrôle de l'inhibition peuvent bel et bien être associées au trouble. D'ailleurs, sur le plan clinique, un tel déficit coïncide avec certaines des observations fréquemment rapportées chez les enfants TAC. En effet, un des rôles de l'inhibition est justement d'ignorer (inhiber) les informations superflues, pour s'attarder à ce qui est pertinent à la tâche. Or, les enfants TAC éprouvent justement des difficultés à distinguer les informations pertinentes de celles qui ne le sont pas (Martini et al., 2004), ce qui, en retour, diminue leur capacité à évaluer et à planifier adéquatement leurs performances ainsi qu'à élaborer de nouvelles stratégies lors de l'acquisition et l'apprentissage moteur.

Forces et limites

Le présent travail comporte des forces qui méritent d'être soulignées. À notre connaissance, il s'agit de la première recension des écrits, qui s'est attardée aux fonctions cognitives susceptibles d'être spécifiquement associées aux enfants TAC et non à l'ensemble des enfants ayant de faibles habiletés motrices, puisque les études retenues devaient avoir tenu compte d'un minimum de critères diagnostiques dans leur identification de participants. En effet, non seulement la présente recension a tenté de retenir uniquement les groupes de participants TAC, l'opérationnalisation des critères d'identification a également été considérée, afin que celle-ci corresponde aux recommandations qui prévalent actuellement pour le diagnostic de TAC (Blank et al., 2012). En ce qui concerne le triage manuel des articles recensés en fonction des critères d'inclusion et d'exclusion, il aurait tout de même été préférable qu'un examen de la fiabilité soit effectué, étant donné que celui-ci a été réalisé par une seule personne. Néanmoins, la présente recherche a tenté de répondre à certains principes de rigueur scientifique. En effet, un niveau minimal de preuve scientifique, évalué selon la classification de l'*Oxford Centre for Evidence-Based Medicine* (OCEBM Levels of Evidence Working Group, 2013), était exigé pour qu'une étude soit considérée. De plus, l'analyse des résultats n'était pas arbitraire, puisqu'elle s'est appuyée sur des modèles théoriques courants et bien reconnus dans la littérature (Milner & Goodale, 2006; Miyake & Friedman, 2012). Enfin, les résultats de cette recension ont également contribué à l'avancement des connaissances, puisqu'ils ont permis de documenter la

pertinence de considérer les processus cognitifs des enfants TAC, afin d'offrir d'autres moyens de caractériser le trouble, au-delà de ces caractéristiques motrices.

Par contre, il importe de préciser que le présent travail était une recension systématique des écrits et que par conséquent, la généralisation des résultats est limitée par des lacunes sur le plan méthodologique des études elles-mêmes. Ainsi, les présentes conclusions ne sont possiblement pas représentatives de l'ensemble de la population TAC. En effet, un des constats fréquents dans la recherche sur le TAC est que les critères de sélection menant à l'identification de groupes de participants cliniques demeurent encore trop variables, ce qui limite la comparaison des études entre elles ainsi que la généralisation des résultats à l'ensemble de la population TAC. L'intégration des lignes directrices pour l'identification du TAC aux critères de sélection des groupes de participants cliniques, dans le présent travail, visait à remédier à cette difficulté. Cette façon de faire devrait, par ailleurs, servir d'exemple pour les recherches futures.

De plus, seules les mesures comportementales (directes) des études recensées ont été prises en compte. Or, la recherche neuroanatomique effectuée avec des enfants TAC aurait pu permettre d'apporter d'autres pistes de réflexion, en plus de clarifier certains des patrons de performances obtenus chez les enfants TAC. Toutefois, étant donné que l'utilisation de ces méthodes ne fait qu'émerger et que la théorie supportant les techniques d'imagerie demeure à être établie, il a été considéré plus prudent de ne pas les considérer. Dans le contexte où il s'agissait également du premier travail à tenter

d'éclaircir les processus cognitifs associés spécifiquement aux enfants TAC, il nous a paru également plus pertinent de dégager d'abord les résultats des études qui se sont appuyées sur des mesures comportementales directes pour comparer des enfants qui présentent un TAC à des enfants au développement typique. Ces mesures offraient également des données de comparaison plus intéressantes que des mesures indirectes (p. ex., questionnaires), qui s'en tenaient au premier niveau d'observation et qui n'ont, d'ailleurs, pas été considérées.

Conclusion

Pour conclure, l'objectif principal de ce travail était d'évaluer si le TAC pouvait réellement être associé à des déficits au niveau des habiletés visuo-perceptives et/ou des fonctions exécutives. Pour ce faire, une recension systématique des écrits a été réalisée afin d'abstraire toutes les études, publiées après 1994, qui ont comparé les performances d'enfants ayant des caractéristiques de TAC, selon certains critères d'identification actuellement recommandés, à des enfants au développement neurotypique, à l'aide de mesures directes de la perception visuelle (avec ou sans composante motrice) et/ou des fonctions exécutives.

Ainsi, les résultats obtenus ont permis de voir que l'état des connaissances scientifiques ne permet pas de mettre en lumière un déficit des habiletés visuo-perceptives avec ou sans composante motrice chez les enfants TAC. En effet, la recherche effectuée sur le sujet présente plusieurs lacunes qui engendrent des problèmes dans la généralisation des résultats et limitent les conclusions qui peuvent en être tirées. En revanche, la littérature supporte un déficit des fonctions exécutives, notamment au niveau de l'inhibition, chez les enfants TAC. En plus d'être associé au trouble, ce déficit de l'inhibition permet, par ailleurs, d'expliquer en partie la variabilité retrouvée entre les performances de groupes cliniques à des tâches de fonctions exécutives.

Compte tenu de l'importance que joue le rôle de l'inhibition dans l'élaboration de nouvelles stratégies, notamment dans l'habileté à distinguer les informations pertinentes de celles qui ne le sont pas, il apparaît donc essentiel que cet aspect soit considéré pour une éventuelle prise en charge. L'évaluation des fonctions exécutives chez les enfants TAC, et plus spécifiquement de l'inhibition, pourrait ainsi permettre d'orienter les interventions subséquentes. En effet, les approches d'intervention employées auprès des enfants TAC (approche CO-OP) visent généralement à favoriser l'élaboration de stratégies cognitives pour faciliter l'apprentissage moteur nécessaire à la réalisation d'activités choisies par l'enfant. Or, dans le cas où des déficits de l'inhibition sont présents, la formulation de buts à atteindre ainsi que la sélection d'informations pertinentes pour y parvenir pourraient s'avérer plus difficiles. Le fait d'adresser ces difficultés lors du processus d'intervention, en accompagnement notamment l'enfant à dégager l'essentiel de l'accessoire, pourrait permettre d'offrir des interventions encore plus appropriées pour cette population clinique et donc, favoriser leur pronostic à long terme.

Sachant d'ailleurs que le trouble perdure dans le temps, il serait intéressant que la recherche future s'intéresse de plus près aux fonctions exécutives des adultes diagnostiqués de TAC. À notre connaissance, les quelques études ayant comparé des groupes d'adultes qui présentent un TAC à des groupes contrôles faisaient aussi état de difficultés exécutives significativement plus élevées chez le groupe clinique. Cependant, aucune étude ne semble s'être attardée aux processus cognitifs des adultes TAC, ayant

subi une quelconque prise en charge. Il serait donc pertinent de vérifier si, à long terme, les déficits demeurent les mêmes, tant sur le plan cognitif, que sur le plan moteur.

Références

- Alloway, T. P., & Archibald, L. (2008). Working memory and learning in children with developmental coordination disorder and specific language impairment. *Journal of Learning Disabilities, 41*(3), 251-262. <http://dx.doi.org/10.1177/0022219408315815>
- American Psychiatric Association. (2000). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders: text revision* (4^e éd.). Washington, DC: Auteur.
- American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (5^e éd.). Washington, DC: Auteur.
- Anderson, V., Levin, H. S., & Jacobs, R. (2002). Executive functions after frontal lobe injury: A developmental perspective. Dans D. T. Stuss & R. T. Knight (Éds.), *Principles of frontal lobe function* (pp. 504-527). New York, NY: Oxford University Press.
- Asonitou, K., Koutsouki, D., Kourtessis, T., & Charitou, S. (2012). Motor and cognitive performance differences between children with and without developmental coordination disorder (DCD). *Research in Developmental Disabilities, 33*(4), 996-1005. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ridd.2012.01.008>
- Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences, 4*(11), 417-423. [http://dx.doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01538-2](http://dx.doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01538-2)
- Baddeley, A. D. (2007). *Working memory, thought and action*. Oxford: Oxford University Press.
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. (1974). Working memory. Dans G. H. Bower (Éd.), *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory* (pp. 47-89). New York: Academic Press.
- Barray, V., Picard, A., & Camos, V. (2008). Étude comparative de la dyspraxie : évaluation neuropsychologique d'enfants porteurs d'une dyspraxie développementale ou consécutive à la prématurité. *Annales de Réadaptation et de Médecine Physique, 51*(3), 161-168. <http://dx.doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.annrmp.2008.01.004>
- Beery, K. E. (1997). *Beery-Buktenica Developmental Test of Visual-Motor Integration*. Chicago: Modern Curriculum Press.

- Beery, K. E., Buktenica, N. A., & Beery, N. A. (2010). *Beery-Buktenica Developmental Test of Visual-Motor Integration, Scoring, and Teaching Manual (6th edition)*. San Antonio, TX: NCS Pearson.
- Benois, C., & Jover, M. (2006). Dysfonctionnement visuo-spatial chez l'enfant: cadre nosographique, dépistage et rééducation. Dans J. Corraze & J. M. Albaret (Éds.), *Entretiens de Bichat: Entretiens de psychomotricité* (pp. 69-81). Paris: Expansion Scientifique Française.
- Biotteau, M., Chaix, Y., Blais, M., Tallet, J., Péran, P., & Albaret, J.-M. (2016). Neural Signature of DCD: A Critical Review of MRI Neuroimaging Studies. *Frontiers In Neurology*, 7, 227-227. <http://dx.doi.org/10.3389/fneur.2016.00227>
- Blank, R., Smits-Engelsman, B. C. M., Polatajko, H. J., & Wilson, P. (2012). European Academy of Childhood Disability (EACD): Recommendations on the definition, diagnosis and intervention of developmental coordination disorder (long version). *Developmental Medicine and Child Neurology*, 54(1), 54-93.
- Bruininks, R. H., & Bruininks, B. D. (2005). *Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency, Second Edition (BOT-2)*. London: The Psychological Corporation.
- Burtner, P. A., Wilhite, C., Bordegaray, J., Moedl, D., Roe, R. J., & Savage, A. R. (1997). Critical review of visual perceptual tests frequently administered by pediatric therapists. *Physical & Occupational Therapy In Pediatrics*, 17(3), 39-61.
- Cairney, J. (2015). Neurocognitive Processing Deficits. Dans J. Cairney (Éd.), *Developmental coordination disorder and its consequences: An introduction to the problem* (pp. 5-30). Toronto, ON: University of Toronto Press.
- Cambridge Cognition Ltd. (2012). *CANTABeclipse Test: Administration Guide*. Cambridge, England: Auteur.
- Casey, B. J., Trainor, R. J., Orendi, J. L., Schubert, A. B., Nystrom, L. E., Giedd, J. N., . . . Rapoport, J. L. (1997). A developmental functional MRI study of prefrontal activation during performance of a Go-No-Go task. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 9(6), 835-847. <http://dx.doi.org/10.1162/jocn.1997.9.6.835>
- Chang, S. H., & Yu, N. Y. (2010). Characterization of motor control in handwriting difficulties in children with or without developmental coordination disorder. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 52(3), 244-250. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-8749.2009.03478.x>

- Chen, W.-Y., Wilson, P. H., & Wu, S. K. (2012). Deficits in the covert orienting of attention in children with developmental coordination disorder: Does severity of DCD count? *Research in Developmental Disabilities*, 33(5), 1516-1522. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ridd.2012.03.005>
- Cheng, C.-H., Ju, Y.-Y., Chang, H.-W., Chen, C.-L., Pei, Y.-C., Tseng, K. C., & Cheng, H.-Y. K. (2014). Motor impairments screened by the Movement Assessment Battery for Children-2 are related to the visual-perceptual deficits in children with Developmental Coordination Disorder. *Research in Developmental Disabilities*, 35(9), 2172-2179. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ridd.2014.05.009>
- Conners, K. C. (2014). *Conners' Continuous Performance Test (3rd Edition)- Manual*. États-Unis: MHS Assessment.
- Coster, W., Deeney, T., Haltiwanger, T., & Haley, S. M. (1998). *School function assessment*. Boston, MA: Boston University.
- Crawford, S. G., & Dewey, D. (2008). Co-occurring disorders: A possible key to visual perceptual deficits in children with developmental coordination disorder? *Human Movement Science*, 27(1), 154-169. <http://dx.doi.org/10.1016/j.humov.2007.09.002>
- de Castelnau, P., Albaret, J.-M., Chaix, Y., & Zanone, P.-G. (2007). Developmental coordination disorder pertains to a deficit in perceptuo-motor synchronization independent of attentional capacities. *Human Movement Science*, 26(3), 477-490. <http://dx.doi.org/10.1016/j.humov.2007.03.001>
- Delis, D. C., Kaplan, E., & Kramer, J. H. (2001). *D-KEFS: Delis-Kaplan Executive Function System*. San Antonio, TX: The Psychological Corporation.
- Deng, S., Li, W.-G., Ding, J., Wu, J., Zhang, Y., Li, F., & Shen, X. (2014). Understanding the mechanisms of cognitive impairments in developmental coordination disorder. *Pediatric Research*, 75(1-2), 210-216. <http://dx.doi.org/10.1038/pr.2013.192>
- Dewey, D., Kaplan, B. J., Crawford, S. G., & Wilson, B. N. (2002). Developmental coordination disorder: Associated problems in attention, learning, and psychosocial adjustment. *Human Movement Science*, 21(5-6), 905-918. [http://dx.doi.org/10.1016/s0167-9457\(02\)00163-x](http://dx.doi.org/10.1016/s0167-9457(02)00163-x)
- Dewey, D., & Wilson, B. N. (2001). Developmental coordination disorder: what is it? *Physical & Occupational Therapy In Pediatrics*, 20(2-3), 5-27.
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, 64, 135-168. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>

- Duncan, J., Emslie, H., Williams, P., Johnson, R., & Freer, C. (1996). Intelligence and the frontal lobe: the organization of goal-directed behavior. *Cognitive Psychology*, 30(3), 257-303.
- Dunford, C., Missiuna, C., Street, E., & Sibert, J. (2005). Children's Perceptions of the Impact of Developmental Coordination Disorder on Activities of Daily Living. *The British Journal of Occupational Therapy*, 68(5), 207-214. <http://dx.doi.org/10.1177/030802260506800504>
- Dyck, M. J., Piek, J. P., Hay, D. A., & Hallmayer, J. F. (2007). The relationship between symptoms and abilities in autism. *Journal of Developmental and Physical Disabilities*, 19(3), 251-261. <http://dx.doi.org/10.1007/s10882-007-9055-7>
- Flavell, J. H. (1976). Metacognitive aspects of problem solving. Dans L. R. Resnick (Éd.), *The Nature of Intelligence*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Fletcher-Flinn, C., Elmes, H., & Strugnell, D. (1997). Visual-perceptual and phonological factors in the acquisition of literacy among children with congenital developmental coordination disorder. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 39(3), 158-166. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-8749.1997.tb07404.x>
- Friedman, N. P., & Miyake, A. (2016). Unity and diversity of executive functions: Individual differences as a window on cognitive structure. *Cortex; A Journal Devoted To The Study Of The Nervous System And Behavior*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cortex.2016.04.023>
- Gardner, M. F. (1988). *Test of visual perceptual skills (non-motor) Manual*. San Francisco: Health Publishing.
- Gardner, M. F. (1996). *Test of visual perceptual skills (non-motor)- revised Manual*. California: Psychological and Educational Publications.
- Geuze, R. H. (2005). Postural control in children with developmental coordination disorder. *Neural Plasticity*, 12(2-3), 183-196. <http://dx.doi.org/10.1155/NP.2005.183>
- Geuze, R. H., Jongmans, M. J., Schoemaker, M. M., & Smits-Engelsman, B. C. M. (2001). Clinical and research diagnostic criteria for developmental coordination disorder: A review and discussion. *Human Movement Science*, 20(1-2), 7-47. [http://dx.doi.org/10.1016/s0167-9457\(01\)00027-6](http://dx.doi.org/10.1016/s0167-9457(01)00027-6)
- Gheysen, F., van Waelvelde, H., & Fias, W. (2011). Impaired visuo-motor sequence learning in Developmental Coordination Disorder. *Research in Developmental Disabilities*, 32(2), 749-756. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ridd.2010.11.005>

- Goodale, M. A., & Milner, A. D. (1992). Separate visual pathways for perception and action. *Trends In Neurosciences*, *15*(1), 20-25.
- Grant, D. A., & Berg, E. (1948). A behavioral analysis of degree of reinforcement and ease of shifting to new responses in a Weigl-type card-sorting problem. *Journal of Experimental Psychology*, *38*(4), 404-411. <http://dx.doi.org/10.1037/h0059831>
- Green, D., Chambers, M. E., & Sugden, D. A. (2008). Does subtype of developmental coordination disorder count: is there a differential effect on outcome following intervention? *Human Movement Science*, *27*(2), 363-382. <http://dx.doi.org/10.1016/j.humov.2008.02.009>
- Gross-Portney, L., & Watkins, M. P. (2000). *Foundations of clinical research-Applications to Practice (2nd Edition)*. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall Health.
- Hamill, D. D., Pearson, N. A., & Voress, J. K. (1993). *The Developmental Test of Visual Perception (2nd Edition), Manual*. Texas: Pro-Ed.
- Hamill, D. D., Pearson, N. A., & Voress, J. K. (2013). *Developmental Test of Visual Perception (3rd Edition), Manual*. Austin, TX: NCS Pearson.
- Henderson, S. E., Sugden, D. A., & Barnett, A. (2007). *Movement Assessment battery for children- Second edition (M-ABC-2)*. London: The Psychological Corporation.
- Henry, L. A., Messer, D. J., & Nash, G. (2012). Executive functioning in children with specific language impairment. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *53*(1), 37-45. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-7610.2011.02430.x>
- Hill, E. L. (2001). Non-specific nature of specific language impairment: a review of the literature with regard to concomitant motor impairments. *International Journal of Language & Communication Disorders*, *36*(2), 149-171.
- Ho, C. S.-H., Chan, D. W.-O., Leung, P. W. L., Lee, S.-H., & Tsang, S.-M. (2005). Reading-related cognitive deficits in developmental dyslexia, attention-deficit/hyperactivity disorder, and developmental coordination disorder among Chinese children. *Reading Research Quarterly*, *40*(3), 318-337. <http://dx.doi.org/10.1598/RRQ.40.3.2>
- Holeckova, I., Cepicka, L., Mautner, P., Stepanek, D., & Moucek, R. (2014). Auditory ERPs in children with developmental coordination disorder. *Activitas Nervosa Superior*, *56*(1-2), 37-44.

- Johnston, L. M., Burns, Y. R., Brauer, S. G., & Richardson, C. A. (2002). Differences in postural control and movement performance during goal directed reaching in children with developmental coordination disorder. *Human Movement Science, 21*(5-6), 583-601.
- Kadesjö, B., & Gillberg, C. (1998). Attention deficits and clumsiness in Swedish 7-year-old children. *Developmental Medicine & Child Neurology, 40*(12), 796-804. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-8749.1998.tb12356.x>
- Kadesjö, B., & Gillberg, C. (1999). Developmental coordination disorder in Swedish 7-year-old children. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry, 38*(7), 820-828. <http://dx.doi.org/10.1097/00004583-199907000-00011>
- Kashiwagi, M., Iwaki, S., Narumi, Y., Tamai, H., & Suzuki, S. (2009). Parietal dysfunction in developmental coordination disorder: A functional MRI study. *NeuroReport: For Rapid Communication of Neuroscience Research, 20*(15), 1319-1324. <http://dx.doi.org/10.1097/WNR.0b013e32832f4d87>
- Kirby, A., Williams, N., Thomas, M., & Hill, E. (2013). Self-reported mood, general health, wellbeing and employment status in adults with suspected DCD. *34*(4), 8p.
- Kongs, S. K., Thompson, L. L., Iverson, G. L., & Heaton, R. K. (2000). *Wisconsin card sorting test-64 card version: Professional manual*. Odessa, FL: Psychological Assessment Resources.
- Kooistra, L., Crawford, S. G., Dewey, D., Cantell, M., & Kaplan, B. J. (2005). Motor Correlates of ADHD: Contribution of Reading Disability and Oppositional Defiant Disorder. *Journal of Learning Disabilities, 38*(3), 195-206. <http://dx.doi.org/10.1177/00222194050380030201>
- Korkman, M., Kirk, U., & Kemp, S. (2007). *NEPSY-II: A developmental neuropsychological assessment*. San Antonio, TX: The Psychological Corporation.
- Landry, R., Becheikh, N., Amara, N., Ziam, S., Idrissi, O., & Castonguay, Y. (2008). *La recherche, comment s'y retrouver? Revue systématique des écrits sur le transfert des connaissances en éducation*. Québec: Gouvernement du Québec.
- Lansford, J. E., Dodge, K. A., Pettit, G. S., & Bates, J. E. (2016). A public health perspective on school dropout and adult outcomes: A prospective study of risk and protective factors from age 5 to 27 years. *Journal of Adolescent Health, 58*(6), 652-658. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jadohealth.2016.01.014>

- Leonard, H. C., Bernardi, M., Hill, E. L., & Henry, L. A. (2015). Executive functioning, motor difficulties, and developmental coordination disorder. *Developmental Neuropsychology*, *40*(4), 201-215. <http://dx.doi.org/10.1080/87565641.2014.997933>
- Lezak, M. D., Howieson, D. B., Bigler, E. D., & Tranel, D. (2012). *Neuropsychological assessment (5th Edition)*. New York, NY, US: Oxford University Press.
- Lingam, R., Golding, J., Jongmans, M. J., Hunt, L. P., Ellis, M., & Emond, A. (2010). The association between developmental coordination disorder and other developmental traits. *Pediatrics*, *126*(5), 1109-1118. <http://dx.doi.org/10.1542/peds.2009-2789>
- Loh, P. R., Piek, J. P., & Barrett, N. C. (2011). Comorbid ADHD and DCD: Examining cognitive functions using the WISC-IV. *Research in Developmental Disabilities*, *32*(4), 1260-1269. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ridd.2011.02.008>
- Macnab, J. J., Miller, L. T., & Polatajko, H. J. (2001). The search for subtypes of DCD: Is cluster analysis the answer? *Human Movement Science*, *20*(1-2), 49-72. [http://dx.doi.org/10.1016/s0167-9457\(01\)00028-8](http://dx.doi.org/10.1016/s0167-9457(01)00028-8)
- Magalhães, L. C., Cardoso, A. A., & Missiuna, C. (2011). Activities and participation in children with developmental coordination disorder: a systematic review. *Research in Developmental Disabilities*, *32*(4), 1309-1316. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ridd.2011.01.029>
- Mandich, A., Buckolz, E., & Polatajko, H. (2003). Children with developmental coordination disorder (DCD) and their ability to disengage ongoing attentional focus: More on inhibitory function. *Brain and cognition*, *51*(3), 346-356. [http://dx.doi.org/10.1016/s0278-2626\(03\)00039-3](http://dx.doi.org/10.1016/s0278-2626(03)00039-3)
- Mandich, A., Buckolz, E., & Polatajko, H. J. (2002). On the ability of children with developmental coordination disorder (DCD) to inhibit response initiation: The Simon effect. *Brain and cognition*, *50*(1), 150-162. [http://dx.doi.org/10.1016/S0278-2626\(02\)00020-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0278-2626(02)00020-9)
- Manly, T., Robertson, I. H., Anderson, V., & Nimmo-Smith, I. (1999). *TEA-Ch: Test of Everyday Attention for Children Manual*. Cambridge, UK: Thames Valley Test Company.
- Mariën, P., Wackenier, P., De Surgeloose, D., De Deyn, P. P., & Verhoeven, J. (2010). Developmental coordination disorder: disruption of the cerebello-cerebral network evidenced by SPECT. *Cerebellum (London, England)*, *9*(3), 405-410. <http://dx.doi.org/10.1007/s12311-010-0177-6>

- Martin, N. A. (2006). *Test of Visual-Perceptual Skills (3rd edition), Manual*. Novato, CA: Academic Therapy Publications.
- Martin, N. C., Piek, J. P., Baynam, G., Levy, F., & Hay, D. (2010). An examination of the relationship between movement problems and four common developmental disorders. *Human Movement Science*, 29(5), 799-808. <http://dx.doi.org/10.1016/j.humov.2009.09.005>
- Martini, R. (2004). *Metacognitive processes underlying psychomotor performance in children identified as high skilled, average, and having developmental coordination disorder (dcd)*. Disponible chez ProQuest Dissertations & Theses Full Text. (AAINQ85725).
- Martini, R., Wall, A. E. T., & Shore, B. M. (2004). Metacognitive Processes Underlying Psychomotor Performance in Children With Differing Psychomotor Abilities. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 21(3), 248-268.
- Mazeau, M. (2000). *Déficits visuo-spatiaux et dyspraxies de l'enfant atteint de lésions cérébrales précoces : du trouble à la rééducation*. Paris: Masson.
- McCarron, L. T. (1997). *McCarron Assessment of Neuromuscular Development: Fine and gross motor abilities*. Dallas, TX: Common Market Press.
- Michel, E. (2012). Motor coordination and executive functions. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 54(11), 971-971. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-8749.2012.04416.x>
- Milner, A. D., & Goodale, M. A. (2006). *The visual brain in action (2nd Edition)* (Vol. 43). New York, NY, US: Oxford University Press.
- Missiuna, C. (1994). Motor skill acquisition in children with developmental coordination disorder. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 11(2), 214-235.
- Missiuna, C., Moll, S., King, G., Stewart, D., & Macdonald, K. (2008). Life experiences of young adults who have coordination difficulties. *Canadian Journal of Occupational Therapy / Revue Canadienne D'Ergothérapie*, 75(3), 157-166. <http://dx.doi.org/10.1177/000841740807500307>
- Missiuna, C., Moll, S., King, S., King, G., & Law, M. (2007). A trajectory of troubles: parents' impressions of the impact of Developmental Coordination Disorder. *Physical & Occupational Therapy In Pediatrics*, 27(1), 81-101.

- Miyake, A., & Friedman, N. P. (2012). The nature and organization of individual differences in executive functions: Four general conclusions. *Current Directions in Psychological Science*, 21(1), 8-14. <http://dx.doi.org/10.1177/0963721411429458>
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., & Howerter, A. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex 'frontal lobe' tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41(1), 49-100. <http://dx.doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>
- 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.
- Norman, D. A., & Shallice, T. (1986). Attention to action: Willed and automatic control of behaviour. Dans R. J. Davison, G. E. Schwartz & D. Shapiro (Éds.), *Consciousness and self-regulation* (Vol. 4, pp. 1-18). New York: Plenum.
- O'Brien, J. C., Williams, H. G., Bundy, A. C., Lyons, J., & Mittal, A. (2008). Mechanisms that underlie coordination in children with developmental coordination disorder. *Journal of Motor Behavior*, 40(1), 43-61. <http://dx.doi.org/10.3200/jmbr.40.1.43-61>
- OCEBM Levels of Evidence Working Group. (2013). The Oxford Levels of Evidence 2. Page consultée à <http://www.cebm.net/index.aspx?o=5653>
- Osterrieth, P. A. (1944). Le test de copie d'une figure complexe: Contribution à l'étude de la perception et de la mémoire. *Archives de Psychologie*, 30, 286-356.
- Parush, S., Yochman, A., Cohen, D., & Gershon, E. (1998). Relation of visual perception and visual-motor integration for clumsy children. *Perceptual and Motor Skills*, 86(1), 291-295. <http://dx.doi.org/10.2466/pms.1998.86.1.291>
- Pickering, S., & Gathercole, S. E. (2001). *Working Memory Test Battery for Children (WMTB-C)*. London: Psychological Corporation.
- Piek, J. P., Dyck, M. J., Francis, M., & Conwell, A. (2007). Working memory, processing speed, and set-shifting in children with developmental coordination disorder and attention-deficit-hyperactivity disorder. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 49(9), 678-683.
- Piek, J. P., & Skinner, R. A. (1999). Timing and force control during a sequential tapping task in children with and without motor coordination problems. *Journal Of The International Neuropsychological Society*, 5(4), 320-329.

- Pieters, S., Desoete, A., van Waelvelde, H., Vanderswalmen, R., & Roeyers, H. (2012). Mathematical problems in children with developmental coordination disorder. *Research in Developmental Disabilities, 33*(4), 1128-1135. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ridd.2012.02.007>
- Pitcher, T. M., Piek, J. P., & Hay, D. A. (2003). Fine and gross motor ability in males with ADHD. *Developmental Medicine and Child Neurology, 45*(8), 525-535.
- Polatajko, H. J. (1999). Developmental coordination disorder (DCD): Alias the clumsy child syndrome. Dans K. Whitmore, H. Hart & G. Willems (Éds.), *A Neurodevelopmental Approach to Specific Learning Disorders. Clinics in Developmental Medicine* (pp. 119-133). London: Mac Keith Press.
- Polatajko, H. J., Fox, A. M., & Missiuna, C. (1995). An international consensus on children with developmental coordination disorder. *Canadian Journal of Occupational Therapy, 62*, 3-6.
- Polatajko, H. J., & Mandich, A. D. (2004). *Enabling occupation in children: The cognitive orientation to daily occupational performance (CO-OP) approach*. Ottawa: CAOT Publications ACE.
- Posner, M. I. (1980). Orienting of attention. *The Quarterly Journal Of Experimental Psychology, 32*(1), 3-25.
- Posner, M. I., & Cohen, Y. (1984). Components of Visual Orienting. Dans H. Bouma & D. Bouwhuis (Éds.), *Attention and performance X: Control of language processes* (pp. 531-556). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Posner, M. I., & Fan, J. (2008). Attention as an organ system. Dans J. R. Pomerantz (Éd.), *Topics in Integrative Neuroscience: From Cells to Cognition* (pp. 31-61). Cambridge: Cambridge University Press.
- Posner, M. I., & Raichle, M. E. (1994). *Images of mind*. New York, NY: Scientific American Library.
- Pratt, M. L., Leonard, H. C., Adeyinka, H., & Hill, E. L. (2014). The effect of motor load on planning and inhibition in developmental coordination disorder. *Research in Developmental Disabilities, 35*(7), 1579-1587. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ridd.2014.04.008>
- Querne, L., Berquin, P., Vernier-Hauvette, M.-P., Fall, S., Deltour, L., Meyer, M.-E., & de Marco, G. (2008). Dysfunction of the attentional brain network in children with developmental coordination disorder: A fMRI study. *Brain Research, 1244*, 89-102. <http://dx.doi.org/10.1016/j.brainres.2008.07.066>

- Rahimi-Golkhandan, S., Piek, J. P., Steenbergen, B., & Wilson, P. H. (2014). Hot executive function in children with Developmental Coordination Disorder: Evidence for heightened sensitivity to immediate reward. *32*, 23-37.
- Rivard, L. M., Missiuna, C., Hanna, S., & Wishart, L. (2007). Understanding teachers' perceptions of the motor difficulties of children with developmental coordination disorder (DCD). *The British Journal Of Educational Psychology*, *77*(Pt 3), 633-648.
- Robertson, I. H., & Murre, J. M. J. (1999). Rehabilitation of brain damage: Brain plasticity and principles of guided recovery. *Psychological Bulletin*, *125*(5), 544-575. <http://dx.doi.org/10.1037/0033-2909.125.5.544>
- Rosenbaum, D. A., Marchak, F., Barnes, H. J., Vaughan, J., Slotta, J. D., & Jorgensen, M. J. (1990). Constraints for action selection: Overhand versus underhand grips. Dans M. Jeannerod (Éd.), *Attention and performance XIII. Motor representation and control* (pp. 321-342). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Ruddock, S., Piek, J., Sugden, D., Morris, S., Hyde, C., Caeyenberghs, K., & Wilson, P. (2015). Coupling online control and inhibitory systems in children with Developmental Coordination Disorder: Goal-directed reaching. *Research in Developmental Disabilities*, *36*, 244-255. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ridd.2014.10.013>
- Sangster-Jokić, C., & Whitebread, D. (2011). The role of self-regulatory and metacognitive competence in the motor performance difficulties of children with developmental coordination disorder: A theoretical and empirical review. *Educational Psychology Review*, *23*(1), 75-98. <http://dx.doi.org/10.1007/s10648-010-9148-1>
- Sangster, C. A., Beninger, C., Polatajko, H. J., & Mandich, A. (2005). Cognitive strategy generation in children with developmental coordination disorder. *Canadian Journal Of Occupational Therapy. Revue Canadienne D'ergothérapie*, *72*(2), 67-77.
- Scheiman, M. (1997). *Understanding and managing vision deficits: A guide for Occupational Therapists*. Thorofare, NJ: Slack.
- Schmidt, R. A., & Wrisberg, C. A. (2008). *Motor Learning and Performance: A Situation-based Learning Approach (4th edition)*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Schoemaker, M. M., van der Wees, M., Flapper, B., Verheij-Jansen, N., Scholten-Jaegers, S., & Geuze, R. H. (2001). Perceptual skills of children with developmental coordination disorder. *Human Movement Science*, *20*(1-2), 111-133. [http://dx.doi.org/10.1016/s0167-9457\(01\)00031-8](http://dx.doi.org/10.1016/s0167-9457(01)00031-8)

- Schott, N., El-Rajab, I., & Klotzbier, T. (2016). Cognitive-motor interference during fine and gross motor tasks in children with Developmental Coordination Disorder (DCD). *Research in Developmental Disabilities*, 57, 136-148. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ridd.2016.07.003>
- Seron, X., van der Linden, M., & Andrès, P. (1999). Le lobe frontal: A la recherche de ses spécificités fonctionnelles. Dans M. Van der Linden, X. Seron, D. Le Gall & P. Andrès (Éds.), *Neuropsychologie des lobes frontaux* (pp. 33-88). Marseille: Solal.
- Shallice, T. (1982). Specific impairments of planning. *Philosophical Transactions Of The Royal Society Of London. Series B, Biological Sciences*, 298(1089), 199-209.
- Sigmundsson, H., Hansen, P. C., & Talcott, J. B. (2003). Do 'clumsy' children have visual deficits. *Behavioural Brain Research*, 139(1-2), 123-129. [http://dx.doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0166-4328\(02\)00110-9](http://dx.doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0166-4328(02)00110-9)
- Simon, J. R., & Rudell, A. P. (1967). Auditory S-R compatibility: the effect of an irrelevant cue on information processing. *Journal of applied psychology*, 51, 300-304.
- Smits-Engelsman, B. C., Blank, R., van der Kaay, A. C., Mosterd-van der Meijs, R., Vlugt-van den Brand, E., Polatajko, H. J., & Wilson, P. H. (2013). Efficacy of interventions to improve motor performance in children with developmental coordination disorder: a combined systematic review and meta-analysis. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 55(3), 229-237. <http://dx.doi.org/10.1111/dmcn.12008>
- Smits-Engelsman, B. C. M., Niemeijer, A. S., & van Galen, G. P. (2001). Fine motor deficiencies in children diagnosed as DCD based on poor grapho-motor ability. *Human Movement Science*, 20(1-2), 161-182. [http://dx.doi.org/10.1016/S0167-9457\(01\)00033-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0167-9457(01)00033-1)
- Stroop, J. R. (2004). Studies of Interference in Serial Verbal Reactions. Dans D. A. Balota, E. J. Marsh, D. A. Balota & E. J. Marsh (Éds.), *Cognitive psychology: Key readings*. (pp. 193-204). New York, NY: Psychology Press.
- Sugden, D., Kirby, A., & Dunford, C. (2008). Issues surrounding children with developmental coordination disorder. *International Journal of Disability, Development and Education*, 55(2), 173-187. <http://dx.doi.org/10.1080/10349120802033691>
- Tombaugh, T. N. (2004). Trail Making Test A and B: normative data stratified by age and education. *Archives Of Clinical Neuropsychology: The Official Journal Of The National Academy Of Neuropsychologists*, 19(2), 203-214.

- Toussaint-Thorin, M., Marchal, F., Benkhaled, O., Pradat-Diehl, P., Boyer, F. C., & Chevignard, M. (2013). Executive functions of children with developmental dyspraxia: Assessment combining neuropsychological and ecological tests. *56(4)*, 268-287.
- Tsai, C.-L., Chang, Y.-K., Hung, T.-M., Tseng, Y.-T., & Chen, T.-C. (2012). The neurophysiological performance of visuospatial working memory in children with developmental coordination disorder. *Developmental Medicine & Child Neurology*, *54(12)*, 1114-1120. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-8749.2012.04408.x>
- Tsai, C.-L., Pan, C.-Y., Chang, Y.-K., Wang, C.-H., & Tseng, K.-D. (2010). Deficits of visuospatial attention with reflexive orienting induced by eye-gazed cues in children with developmental coordination disorder in the lower extremities: An event-related potential study. *Research in Developmental Disabilities*, *31(3)*, 642-655. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ridd.2010.01.003>
- Tsai, C.-L., Wilson, P. H., & Wu, S. K. (2008). Role of visual-perceptual skills (non-motor) in children with developmental coordination disorder. *Human Movement Science*, *27(4)*, 649-664. <http://dx.doi.org/10.1016/j.humov.2007.10.002>
- Tsai, C. L., Pan, C. Y., Cherng, R. J., Hsu, Y. W., & Chiu, H. H. (2009). Mechanisms of deficit of visuospatial attention shift in children with developmental coordination disorder: a neurophysiological measure of the endogenous Posner paradigm. *Brain and cognition*, *71(3)*, 246-258. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bandc.2009.08.006>
- Ungerleider, L. G., & Mishkin, M. (1982). Two cortical visual systems. Dans D. J. Ingle, M. A. Goodale & R. J. W. Mansfield (Éds.), *Analysis of Visual Behavior* (pp. 549–586). Cambridge, MA.: MIT Press.
- Vaivre-Douret, L. (2014). Developmental coordination disorders: State of art. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology*, *44(1)*, 13-23. <http://dx.doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.neucli.2013.10.133>
- Vaivre-Douret, L., Lalanne, C., Cabrol, D., Ingster-Moati, I., Falissard, B., & Golse, B. (2011a). Identification de critères diagnostiques des sous-types de troubles de l'acquisition de la coordination (TAC) ou dyspraxie développementale. *Neuropsychiatrie de l'Enfance et de l'Adolescence*, *59(8)*, 443-453. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neurenf.2011.07.006>
- Vaivre-Douret, L., Lalanne, C., Cabrol, D., Ingster-Moati, I., Falissard, B., & Golse, B. (2011b). Subtypes of developmental coordination disorder: Research on their nature and etiology. *Developmental Neuropsychology*, *36(5)*.

- van Waelvelde, H., de Weerd, W., de Cock, P., & Smits-Engelsman, B. C. M. (2004). Association between visual perceptual deficits and motor deficits in children with developmental coordination disorder. *46*(10), 661-666.
- Visser, J. (2003). Developmental coordination disorder: a review of research on subtypes and comorbidities. *Human Movement Science*, *22*(4-5), 479-493.
- Wang, T.-N., Tseng, M.-H., Wilson, B. N., & Hu, F.-C. (2009). Functional performance of children with developmental coordination disorder at home and at school. *Developmental Medicine & Child Neurology*, *51*(10), 817-825. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-8749.2009.03271.x>
- Wann, J. (2007). Current approaches to intervention in children with developmental coordination disorder. *Developmental Medicine & Child Neurology*, *49*(6), 405-405. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-8749.2007.00405.x>
- Wechsler, D. (2012). *Wechsler Preschool and Primary Scale of Intelligence (4th Edition), Administration and Scoring Manual*. San Antonio, TX: NCS Pearson.
- Wechsler, D. (2014). *Wechsler Intelligence Scale for Children (5th Edition), Administration and Scoring Manual*. San Antonio, TX: NCS Pearson.
- Welsh, M. C., Pennington, B. F., & Groisser, D. B. (1991). A normative-developmental study of executive function: A window on prefrontal function in children. *Developmental Neuropsychology*, *7*(2), 131-149. <http://dx.doi.org/10.1080/87565649109540483>
- Wilmot, K., Brown, J. H., & Wann, J. P. (2007). Attention disengagement in children with Developmental Coordination Disorder. *Disability and Rehabilitation: An International, Multidisciplinary Journal*, *29*(1), 47-55. <http://dx.doi.org/10.1080/09638280600947765>
- Wilson, B. N., Kaplan, B. J., Crawford, S. G., & Roberts, G. (2007). *The Developmental Coordination Questionnaire 2007 (DCDQ'07)*. Alberta Children Hospital: Alberta, Canada.
- Wilson, P. H., & Maruff, P. (1999). Deficits in the endogenous control of covert visuospatial attention in children with developmental coordination disorder. *Human Movement Science*, *18*(2-3), 421-442. [http://dx.doi.org/10.1016/s0167-9457\(99\)00017-2](http://dx.doi.org/10.1016/s0167-9457(99)00017-2)

- Wilson, P. H., Maruff, P., & McKenzie, B. E. (1997). Covert orienting of visuospatial attention in children with developmental coordination disorder. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 39(11), 736-745. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-8749.1997.tb07375.x>
- Wilson, P. H., & McKenzie, B. E. (1998). Information processing deficits associated with developmental coordination disorder: A meta-analysis of research findings. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 39(6), 829-840. <http://dx.doi.org/10.1017/s0021963098002765>
- Wilson, P. H., Ruddock, S., Smits-Engelsman, B., Polatajko, H., & Blank, R. (2013). Understanding performance deficits in developmental coordination disorder: a meta-analysis of recent research. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 55(3), 217-228. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-8749.2012.04436.x>
- Wuang, Y.-P., Su, C.-Y., & Su, J.-H. (2011). Wisconsin card sorting test performance in children with developmental coordination disorder. *Research in Developmental Disabilities*, 32(5), 1669-1676. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ridd.2011.02.021>
- Zhu, S., Tang, G., & Shi, J. (2012). Cross-sectional study of executive functioning in children with developmental coordination disorders. *Shanghai Archives of Psychiatry*, 24(4), 217-221.
- Zhu, Y.-C., Cairney, J., Li, Y.-C., Chen, W.-Y., Chen, F.-C., & Wu, S. K. (2014). High risk for obesity in children with a subtype of developmental coordination disorder. *Research in Developmental Disabilities*, 35(7), 1727-1733. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ridd.2014.02.020>
- Zomeran, A. H., & Brouwer, W. H. (1994). *Clinical neuropsychology of attention*. New York, NY: Oxford University Press.
- Zwicker, J. G., Harris, S. R., & Klassen, A. F. (2013). Quality of life domains affected in children with developmental coordination disorder: A systematic review. *Child: Care, Health and Development*, 39(4), 562-580. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2214.2012.01379.x>
- Zwicker, J. G., Missiuna, C., Harris, S. R., & Boyd, L. A. (2010). Brain activation of children with developmental coordination disorder is different than peers. *Pediatrics*, 126(3), e678-e686. <http://dx.doi.org/10.1542/peds.2010-0059>
- Zwicker, J. G., Missiuna, C., Harris, S. R., & Boyd, L. A. (2012). Developmental coordination disorder: A review and update. *European Journal of Paediatric Neurology*, 16(6), 573-581.