

Sommaire

| | |
|---|-----------|
| INTRODUCTION | 1 |
| CADRE THEORIQUE - CHEZ L'ENFANT D'AGE SCOLAIRE ET L'ADOLESCENT | 2 |
| 1. Fonctionnement exécutif | 2 |
| 1.1. Généralités | 2 |
| 1.1.1. Évolution historique du concept | 2 |
| 1.1.2. Apports neuroanatomiques | 2 |
| 1.2. Modélisation du fonctionnement exécutif | 4 |
| 1.2.1. Présentation succincte des modèles | 4 |
| 1.2.2. Modèle de Lehto | 4 |
| 1.3. Développement des fonctions exécutives | 5 |
| 1.3.1. Développement de la mémoire de travail | 6 |
| 1.3.2. Développement de la flexibilité | 6 |
| 1.3.3. Développement de l'inhibition | 6 |
| 2. Théorie de l'esprit | 7 |
| 2.1. Généralités | 7 |
| 2.1.1. Évolution du concept de manière historique | 7 |
| 2.1.2. Apports neuroanatomiques | 8 |
| 2.2. Modèles théoriques de la théorie de l'esprit | 8 |
| 2.2.1. Présentation succincte des modèles | 8 |
| 2.2.2. Différenciation des théories de l'esprit | 9 |
| 2.3. Développement de la théorie de l'esprit | 10 |
| 3. Des liens entre fonctions exécutives et théorie l'esprit | 12 |
| 3.1. Modèles théoriques des fonctions exécutives et de la théorie de l'esprit | 12 |
| 3.2. Développement des fonctions exécutives et de la théorie de l'esprit | 13 |
| PARTIE EXPERIMENTALE | 15 |
| 1. Objectifs, problématique, hypothèses | 15 |
| 2. Méthodologie | 16 |
| 2.1. Participants | 16 |
| 2.2. Matériel | 16 |
| 2.2.1. Matériel évaluant les fonctions exécutives | 16 |
| 2.2.2. Matériel évaluant la théorie de l'esprit | 17 |

| | | |
|--|--|-----------|
| 2.3. | Procédure | 19 |
| 2.4. | Analyse statistique | 20 |
| 3. | Résultats | 21 |
| 3.1. | Analyse des résultats obtenus aux épreuves des fonctions exécutives en fonction du groupe d'âge | 21 |
| 3.1.1. | Analyse des résultats à l'épreuve MCI en fonction du groupe d'âge | 21 |
| 3.1.2. | Analyse du score d'interférence de l'épreuve Stroop en fonction du groupe d'âge | 22 |
| 3.1.3. | Analyse des résultats à l'épreuve NCST en fonction du groupe d'âge | 23 |
| 3.2. | Analyse des résultats obtenus aux épreuves de théorie de l'esprit en fonction du groupe d'âge | 26 |
| 3.2.1. | Analyse des scores à l'épreuve Advanced TOM en fonction du groupe d'âge..... | 26 |
| 3.2.2. | Analyse des résultats à l'épreuve Faux-Pas en fonction du groupe d'âge | 27 |
| 3.3. | Corrélations entre les résultats obtenus aux épreuves de fonctions exécutives et de théorie de l'esprit | 29 |
| 4. | Discussion | 30 |
| 4.1. | Hypothèse 1 | 30 |
| 4.2. | Hypothèse 2 | 30 |
| 4.3. | Hypothèse 3 | 31 |
| 4.4. | Limites de l'étude | 31 |
| CONCLUSION ET PERSPECTIVES..... | | 33 |
| REFERENCES | | 34 |
| TABLE DES FIGURES | | 42 |
| TABLE DES ILLUSTRATIONS..... | | 43 |
| TABLE DES TABLEAUX | | 44 |
| ANNEXES | | 45 |

Introduction

Les fonctions exécutives correspondent à un ensemble d'habiletés de haut niveau. Elles sont souvent perçues comme étant le « *chef d'orchestre* » permettant le bon fonctionnement cognitif. En effet, elles sont nécessaires pour la formulation d'objectifs ou de buts à atteindre. Pour y parvenir, il s'agit de mettre en œuvre des stratégies. Les fonctions exécutives correspondent également à la capacité de maintenir les informations en mémoire, pouvoir les manipuler et résoudre des problèmes. Les situations de résolution de problèmes ne sont pas des situations routinières donc cela nécessite constamment une adaptation à la nouveauté (Allain & Le Gall, 2008 ; Luria, 1966 ; Seron, Van Der Linden & Andrés, 1999 ; Stuss & Benson, 1986). Pour les fonctions exécutives, le lobe frontal, et plus précisément le cortex préfrontal, a un rôle très important (Baciu, 2011). En s'appuyant sur le modèle de Lehto (2003), proposé chez l'enfant, les fonctions exécutives peuvent être divisées en trois composantes : la mémoire de travail, la flexibilité et l'inhibition. Les fonctions exécutives sont également importantes pour le contrôle et la régulation comportementale. Elles sont au centre de toutes les activités sociales (Lezak, 1982).

La théorie de l'esprit quant à elle est une notion centrale d'un concept plus global appelé « *cognition sociale* ». La théorie de l'esprit est également une habileté de haut niveau. Elle peut être définie comme l'aptitude à inférer les états mentaux d'autrui, c'est-à-dire comprendre les actions et les émotions des individus, pouvoir se mettre à la place d'un autre (e.g. intentions, croyances, connaissances, désirs, émotions). De manière à observer, interpréter et anticiper la réaction comportementale d'autrui (Moreau & Champagne-Lavau, 2014). Pour la théorie de l'esprit, le cortex préfrontal et le lobe temporal ont un rôle très important (Duval et al., 2011). Une distinction a été faite entre théorie de l'esprit cognitive dite « *froide* » (pensées) et la théorie de l'esprit affective dite « *chaude* » (émotions) (Coricelli, 2005 ; Kalbe et al., 2010 ; Shamay-Tsoory & Aharon-Peretz, 2007a). De plus, une distinction est faite en fonction des niveaux, nous parlerons de théorie de premier ordre et de second ordre (Perner & Wimmer, 1985). Ces deux spécificités se développent progressivement, en sachant que le premier niveau sera acquis plus rapidement que le second.

De l'enfance à l'adolescence, le développement biologique, cognitif ainsi que psychosocial est important. Ce sont des étapes majeures pour apprendre, améliorer et consolider ses connaissances. Le cerveau continue également de se développer, le lobe frontal étant la dernière région à être mature (vers vingt à vingt-cinq ans, Gogtay et al., 2004). L'âge scolaire correspond aux enfants de six à douze ans. C'est une période où le développement physique est moins rapide, alors que le développement cognitif et social est considérable. L'adolescence correspond quant à elle aux jeunes de douze à vingt ans. Dans cette période, au niveau biologique, des changements se créent liés à la puberté. Au niveau cognitif et social, c'est une période où le développement est très hétérogène (pouvant être lié aux facteurs sociaux et culturels). Il y a de grandes différences, à la fois interindividuelles et intraindividuelles (Stassen Berger et al., 2012).

Cette étude proposera d'étudier le développement du fonctionnement exécutif (mémoire de travail, flexibilité et inhibition) ainsi que la théorie de l'esprit (cognitive et affective) chez les enfants d'âge scolaire et les adolescents (similitudes ou différences à huit, onze et quatorze ans). Nous nous interrogerons sur les liens entre fonctions exécutives et théorie de l'esprit au cours du développement.

La première partie, composée d'apports théoriques, sera consacrée à la présentation du fonctionnement exécutif et de la théorie de l'esprit, chez l'enfant d'âge scolaire et l'adolescent. Nous nous intéresserons ensuite aux liens entre ces deux aptitudes dans le développement des jeunes. La seconde partie, expérimentale cette fois-ci, comportera la problématique et l'élaboration des objectifs et des hypothèses de recherche. Elle prendra également en compte la méthodologie, les résultats ainsi que la discussion, afin de conclure cette étude et d'ouvrir vers d'autres perspectives.

CADRE THEORIQUE - Chez l'enfant d'âge scolaire et l'adolescent

1. Fonctionnement exécutif

1.1. Généralités

1.1.1. Évolution historique du concept

Avant d'aborder plus spécifiquement le concept de fonctionnement exécutif, il est important de rappeler de manière historique l'évolution des approches neuropsychologiques. En effet, un certain nombre d'observations ont été faites depuis plus d'un siècle. Des liens ont été remarqués entre des lésions du lobe frontal et l'apparition de troubles du comportement. Le cas le plus célèbre est le patient d'Harlow, Phineas Gage. En 1848, il est victime d'un accident de travail sur les voies ferrées. Due à une mauvaise manipulation, une barre à mine explose et lui transperce le crâne, provoquant une lésion frontale, suivie d'un changement de personnalité et de comportement (Lechevalier, Eustache, & Viader, 2008). En 1994 (a), Damasio et al. ont reconstitué virtuellement son cerveau et pensent qu'il aurait eu une lésion bilatérale ventro-médiane.

Jastrowitz, en 1888 (puis Oppenheim, 1890), a constaté, chez des patients présentant une tumeur frontale, un changement de personnalité (euphorie joviale accompagnée d'excitation psychomotrice (« *moria* »)). En 1888, Welt (puis Quensel, 1914) observe dans le cadre d'un traumatisme frontal, des changements de comportements (agressivité, impulsivité, conduites inappropriées) sans trouble intellectuel.

Goldstein (1936) propose le terme « *d'attitude abstraite* », cette définition floue n'est plus utilisée à présent. Il proposait que cette notion serait importante, non pas pour les fonctions cognitives (e.g. intelligence, mémoire), mais pour des aptitudes plus générales (e.g. anticipation, raisonnement, flexibilité). Ces éléments se rapprocheraient aujourd'hui de ceux constituant les fonctions exécutives. En 1940, un patient de seize ans (principalement des observations adultes habituellement), victime d'un traumatisme crânien (lésions frontales gauches et droites) a été suivi pendant dix ans. Après son opération, il retrouve un comportement plus adapté (Hebb & Penfield, 1940). L'étude clinique de ces cas a permis de comprendre qu'une lésion frontale pouvait entraîner des changements de personnalité et du comportement, sans qu'il n'y ait de perturbation au niveau des capacités intellectuelles, motrices ou langagières.

1.1.2. Apports neuroanatomiques

Sur le plan neuroanatomique, le cortex cérébral est principalement composé de cinq lobes (frontal, pariétal, temporal, occipital et limbique). Dans le cadre des fonctions exécutives, nous nous intéressons principa-

lement au lobe frontal, qui est situé dans la partie antérieure du cerveau et représente un tiers du cortex cérébral. Ce sont le sillon central de Rolando et le sillon latéral de Sylvius qui délimitent ce lobe (Baciu, 2011 ; Manning, 2007). Il a un rôle important dans les capacités exécutives. Même si de nombreux liens entre lobe frontal et fonctions exécutives peuvent être faits, le syndrome frontal et le syndrome dysexécutif sont deux concepts bien distincts (e.g. certains patients peuvent avoir des lésions frontales sans trouble cognitif associé (Stuss, 2006)). Le fonctionnement exécutif est complexe et engage, en plus des structures frontales, des connexions avec un grand nombre de systèmes neuronaux (notamment dans les autres régions du cerveau). Le cortex frontal est divisé en trois régions, à savoir, l'aire motrice, le cortex prémoteur et préfrontal (Gil, 2014).

Dans le cadre des fonctions exécutives, c'est plus précisément le cortex préfrontal qui a de l'importance. Les aires de Brodmann qui lui sont associées sont les aires 9, 10, 11 et 46 (Illustration 1). Il est défini comme le « *siège de la conscience* » (Perecman, 1987), permettant de traiter, intégrer, juger et modifier toutes les activités du système nerveux. Il est divisé lui aussi en trois parties, à savoir les régions dorso-latérales (principales fonctions : attention, mémoire de travail), ventro-médianes (principales fonctions : inhibition, régulation comportementale) et orbito-frontales (Lezak et al., 2012). De plus, le cortex préfrontal est fortement relié avec les autres régions cérébrales. De nombreuses informations sont échangées avec les circuits limbiques notamment (e.g. hippocampe, amygdale, thalamus), dont la fonction principale est de gérer la sphère émotionnelle. Il sert donc d'interface entre cognition et sentiments (e.g. régulation comportementale, émotionnelle, mémorisation).

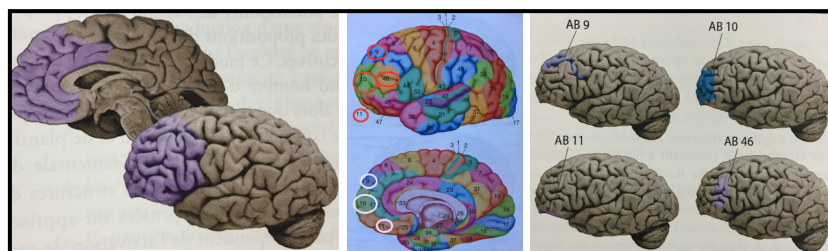


Illustration 1 : Représentations du cortex préfrontal (en violet), vue latérale et vue médiale (à gauche), de la carte cytoarchitectonique des aires de Brodmann (au centre) et les aires spécifiques au cortex préfrontal [9, 10, 11, 46] (à droite) (Baciu, 2011 ; Lechevalier et al., 2008)

C'est également dans cette région préfrontale que le processus de maturation physiologique est le plus long (Roy, Guillery-Girard, Aubin & Mayor, 2018). En effet, entre quatre et dix ans, se met en place progressivement la capacité à contrôler les informations (connexions renforcées). De dix à quinze ans, les régions somatosensorielles et visuelles deviendraient matures (équilibre entre disparition et création synaptique, substance grise plus épaisse). Puis de quinze à vingt-cinq ans, le cortex frontal achève sa maturation (diminution substance grise, augmentation substance blanche, dernier stade de myélinisation des centres associatifs du cerveau) et devient pleinement opérant pour l'intégration et le traitement d'informations complexes (e.g. raisonnement) (Illustrations 2) (Gogtay et al., 2004).

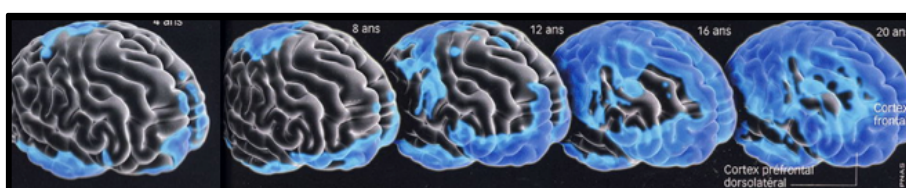


Illustration 2 : Représentation cartographique dynamique du développement cortical, de quatre à vingt ans, (zones cérébrales matures en bleu), vue latérale (Gogtay et al., 2004)

Le développement se fait donc progressivement tout au long de l'enfance et l'adolescence (Jernigan et al., 1991). Cela n'est donc pas étonnant qu'en parallèle les fonctions exécutives, gérées par ces régions cérébrales, suivent cette même courbe développementale (Nolin & Laurent, 2004).

1.2. Modélisation du fonctionnement exécutif

1.2.1. Présentation succincte des modèles

Avant d'obtenir des modélisations du fonctionnement exécutif, ce sont les études de cas, avec des observations cliniques qui ont permis de mieux comprendre les difficultés. Suite à une lésion cérébrale, des modifications cognitives et comportementales étaient repérées. Il s'agissait donc de les déterminer, pour les associer à une localisation cérébrale précise. En étudiant l'aspect pathologique cela permettait de comprendre le fonctionnement cérébral typique de l'Homme. Au fil des décennies, les études individuelles ont diminué pour privilégier les études de groupes.

Les modèles théoriques ont donc été proposés dans cette continuité afin d'éclaircir le concept de « *fonctions exécutives* ». Certains chercheurs ont proposé des modèles sur base cognitive (e.g. administrateur central, Baddeley, 1986 ; marqueurs somatiques, Damasio, 1994(b) ; MKUs, Grafman, 1994 ; système de supervision attentionnelle, Shallice & Burgess, 1998 ; activation, maintien et contrôle, Stuss et al., 2002 ; Miyake et al., 2000). Tandis que d'autres se sont appuyés sur des bases neuroanatomiques (e.g. structuration temporelle des conduites, Fuster, 1997 ; Goldman-Rakic, 1995 ; conception tripartite du cerveau, Luria, 1973) (Allain & Le Gall, 2008). Ce sont des modèles qui étaient proposés pour des adultes, cependant, il n'y a pas, à l'heure actuelle, de consensus pour définir précisément les fonctions exécutives. Les chercheurs s'accordent tout de même pour distinguer trois fonctions, à savoir la mise à jour en mémoire de travail, la flexibilité ainsi que l'inhibition (Miyake, et al., 2000). Ils ont réalisé différentes tâches évaluant ces fonctions auprès de sujets adultes (étudiants). Lehto et al. (2003) ont repris ce modèle pour l'adapter à une étude auprès d'enfants.

1.2.2. Modèle de Lehto

En 2003, Lehto et al. se basent donc sur le modèle de Miyake et al. (2000) pour étudier le fonctionnement exécutif de huit à treize ans, soit chez l'enfant et le jeune adolescent (au développement typique, sans trouble neurodéveloppemental). Ils s'intéressent à la mémoire de travail, la flexibilité ainsi que l'inhibition. Leur modèle est créé sur la base d'analyses factorielles exploratoires et confirmatoires. Le modèle à un facteur ainsi que celui à deux facteurs sont rejetés. La solution est de créer un modèle à trois facteurs inter-reliés (les fonctions exécutives seraient interconnectées), permettant une bonne description du fonctionnement exécutif.

La mémoire de travail correspond à la capacité active de traitement et de maintien temporaire de l'information. En effet, il s'agit de mettre en mémoire, temporairement, des informations arrivant progressivement, pouvoir ensuite les actualiser et les manipuler mentalement pour les redonner au final différemment. Ce concept est souvent associé aux travaux de Baddeley (1986). Son modèle tripartite est composé d'une boucle phonologique (stockage et actualisation de l'information), d'un calepin visuo-spatial (maintien des informations [e.g. visuelles, spatiales], création et manipulation d'images mentales) et d'un administrateur central (supervision des deux modules, contrôle du passage de l'information vers la mémoire à long terme)

(Lussier, Chevrier, & Gascon, 2017). Baddeley (2000) ajoute ensuite le buffer épisodique (stockage des informations spatio-temporelles, encodage, récupération en mémoire épisodique).

La flexibilité (« *shifting* »), quant à elle, correspond à la capacité de changer de stratégies pour s'adapter à la nouveauté. Cela nécessite de créer des alternatives, afin de pouvoir passer rapidement d'une idée à une autre, sans qu'il n'y ait de persévération (Moret & Mazeau, 2013).

Le dernier concept, l'inhibition, correspond à trois éléments : le filtrage de l'information (avant traitement, résistance à l'interférence en présence de distracteurs), la suppression (élimination des données non pertinentes, résistance à l'interférence proactive) ainsi que le blocage (arrêter des réactions automatiques) (Friedman & Miyake, 2004). De manière générale, il s'agit d'activer les données nécessaires, mais aussi de supprimer ou de ne pas prêter attention aux données qui ne sont pas nécessaires à cet instant T, permettant de répondre à l'action en cours (Mazeau & Pouhet, 2014). C'est un mécanisme cognitif dynamique mais coûteux, notamment en termes de « *charge mentale* », c'est pour cela que nous attendons des capacités qui s'améliorent avec l'âge.

1.3. Développement des fonctions exécutives

En ce qui concerne le développement des fonctions exécutives, rappelons qu'au niveau neuroanatomique, le cortex préfrontal se développe progressivement pendant l'enfance et l'adolescence. Les résultats aux études menées auprès de nourrissons vont en faveur d'un développement exécutif précoce (maturation tardive du cortex préfrontal dorso-latéral, Diamond, 2004). Les régions deviennent matures tardivement, il y a donc de grandes différences au niveau cérébral à huit, onze et quatorze ans. De manière générale, les études ont montré que les fonctions exécutives sont identifiées avant huit ans (Becker, Isaac & Hynd, 1987 ; Epsy, 1997 ; Luciana & Nelson, 1998 ; progrès à six, dix, puis douze ans, Welsh, 1991). En effet, les fonctions exécutives seraient identifiées à l'âge préscolaire (trois-quatre ans), mais indifférenciées à cette période (Lee, Bull & Ho, 2013). Ce n'est qu'à partir de sept-huit ans que l'enfant serait capable de répondre à des situations plus complexes. L'inhibition et la mémoire de travail se différencieraient en premier, puis ce serait au tour de la flexibilité (Roy, 2015). Il y aurait ensuite une progression importante jusqu'à la fin de l'adolescence (Founeret & Des Portes, 2017).

La différence entre inhibition et flexibilité ne serait pas consolidée avant l'adolescence (Roy, 2015). Russell (1999) propose un développement en plusieurs étapes pour le fonctionnement exécutif. Il parle d'« *exécutif-Piagétien* », dans lequel l'inhibition et la mémoire de travail seraient au cœur du développement cognitif. La performance sur la tâche AnonB est considérée, pour certains, comme le signe d'émergence des fonctions exécutives (Epsy, Kaufmann, McDiarmid & Glisky, 1999 ; Welsh & Pennington, 1988). Dans le stade préopératoire (deux-sept ans), l'apparition du langage correspondrait au début du contrôle comportemental. Les stades, de la pensée opératoire concrète (sept-onze ans) et de la pensée opératoire formelle (onze ans et plus), seraient avant tout liés aux évolutions du système nerveux (Anderson & Jacobs, 2004 ; Levin et al., 1991 [groupes : sept-huit ans ; neuf-douze ans ; treize-quinze ans]). Dans de nombreuses études, les chercheurs ont tenté de définir un âge de développement pour chacune des fonctions exécutives. Le but n'est pas ici de proposer une liste exhaustive de chaque recherche, mais d'observer les points de vue très variés pour cette thématique. Une étude requiert davantage notre attention, celle d'Huizinga, Dolan & Van der Molen, 2006 (analyse factorielle confirmatoire). Ils ont constitué quatre groupes d'âges (sept ans [n = 71], onze ans [n = 108], quinze ans [n =

111] et vingt-et-un ans [n = 94]). Ils ont proposé neuf tâches, pour la mémoire de travail, la flexibilité et l'inhibition (trois tâches par fonction) et ont observé le développement de ces fonctions aux quatre âges donnés.

1.3.1. Développement de la mémoire de travail

En ce qui concerne la mémoire de travail, un grand nombre de chercheurs s'accordent pour dire que cette fonction se développe pendant l'enfance et qu'elle atteint sa capacité maximale pendant l'adolescence (Beveridge, Jarrold & Pettit, 2002 ; Brocki & Bohlin, 2004 ; De Luca et al., 2003 ; Fournieret & Des Portes, 2017 ; Gathercole et al., 2004 ; Hitch et al., 1989 ; Luciana & Nelson, 1998 ; Luciana et al., 2005 ; Luna et al., 2004). L'adolescent est capable de manipuler plus d'informations, la modalité visuo-spatiale étant acquise plus rapidement que la modalité auditivo-verbale (Isaacs & Vargha-Khadem, 1989). L'empan mnésique augmente donc avec l'âge (e.g. pour la mémoire des chiffres en ordre inverse [WISC-V, modalité auditive], l'empan mnésique serait de trois, entre six et onze ans, de quatre entre onze et seize ans et de cinq à partir de seize ans) (Lussier et al., 2017). On estime que l'adulte peut garder actif, temporairement, 7 ± 2 éléments. Dans l'étude de Huizinga et al. (2006), nous pouvons observer que les capacités de mémoire de travail augmentent progressivement jusqu'à quinze ans, puis se stabilisent. Les scores étant identiques, à cet âge, à ceux de l'adulte (Illustration 3).

1.3.2. Développement de la flexibilité

Les capacités de flexibilité seraient présentes dès trois ans, avec une rapide progression entre trois et neuf ans puis une progression plus lente jusqu'à l'âge adulte (Dajani & Uddin, 2015). Entre sept et onze ans, le coût cognitif associé à la flexibilité est très important. Ce ne serait que vers quinze ans que les performances seraient similaires à celles des adultes. A cet âge, une autre observation a été faite. En effet, la vitesse d'exécution diminuerait (contrôle de l'action) afin d'être plus efficace et plus précis (Chevalier, 2010 ; Fournieret & Des Portes, 2017). Selon certaines études, les capacités de flexibilité plafonneraient à douze ans (Cepeda, Kramer & Gonzalez de Sather, 2001 ; Crone, Bunge, Van der Molen & Ridderinkhof, 2006). Cependant, nous observons, dans l'étude de Huizinga et al. (2006), que des progressions sont encore possibles après. Les performances seraient donc probablement comparables à celles des adultes vers l'âge de quinze ans seulement (Illustration 3).

1.3.3. Développement de l'inhibition

En ce qui concerne les capacités d'inhibition, les avis sont plus mitigés. Selon Lehto (2003), la mémoire de travail et la flexibilité se développeraient avec l'âge tandis que l'inhibition ne montrait pas cette tendance. Certains estiment que les capacités d'inhibition seraient présentes dès la petite enfance (Fournieret & Des Portes, 2017), puis se développeraient pendant l'enfance (Klenberg, Korkman & Lahti-Nuutila, 2001). Comme la flexibilité, certains chercheurs observent que les meilleures performances sont possibles dès l'âge de douze ans (Bedard et al., 2002 ; Bunge et al., 2002 ; Durston et al., 2002 ; Moret & Mazeau, 2013 ; Ridderinkhof & Van der Molen, 1995 ; Van den Wildenberg & Van der Molen, 2004). Il n'y a pas de consensus en ce qui concerne l'inhibition, cependant, les dernières études estiment que les capacités augmenteraient tout au long de l'adolescence, jusqu'à quinze ans. Néanmoins, pour des épreuves comme le « *Stroop* », les capacités continueraient de s'améliorer jusqu'à vingt-et-un ans. Ce serait donc une des fonctions à n'être mature qu'à l'âge adulte (Huizinga et al., 2006 ; Tamnes et al., 2010 ; Williams et al., 1999) (Illustrations 3).

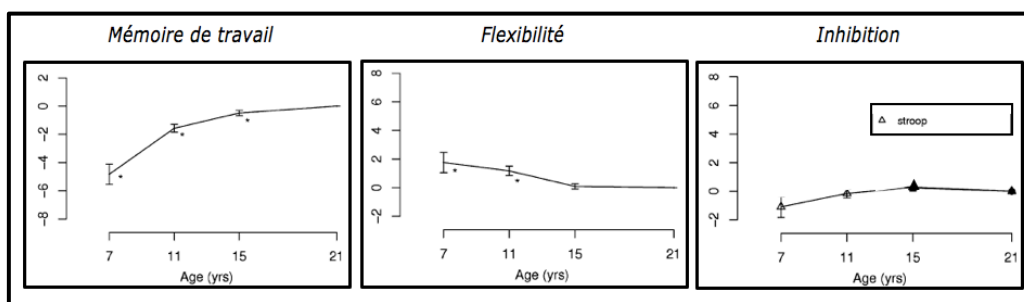


Illustration 3 : Estimation de la différence entre les moyennes des facteurs communs en fonction des âges pour la mémoire de travail, la flexibilité ainsi que l'inhibition (Huizinga et al., 2006)

En résumé, il n'y a pas de consensus à l'heure actuelle pour définir un âge précis où les performances atteignent leurs capacités maximales et seraient similaires à celles de l'adulte. Pour chaque fonction, les observations faites dans les diverses études sont bien différentes. Nous savons tout de même que les fonctions exécutives se développent progressivement et qu'elles sont nécessaires pour les apprentissages ainsi que pour le contrôle et la régulation comportementale. Elles sont au centre de toutes les activités sociales (Lezak, 1982).

2. Théorie de l'esprit

2.1. Généralités

2.1.1. Évolution du concept de manière historique

Avant même que le terme de théorie de l'esprit soit abordé, les études de cas (e.g. Phineas Gage, Harlow, 1948, cité dans Lechevalier et al., 2008 ; voir aussi le patient JP, Ackerly, 1964) ont permis de comprendre qu'une lésion cérébrale pouvait entraîner un changement de personnalité et de comportement. Des régions cérébrales pouvaient donc être associées davantage à la sphère comportementale et à la cognition sociale de manière générale. Puis les études de groupes ont permis de comprendre plus précisément le développement et le fonctionnement de la théorie de l'esprit.

La « *théorie de l'esprit* » (*Theory of Mind*) est un terme proposé par les primatologues, Premack et Woodruff (1978), pour définir l'intérêt pour la compréhension des conduites de l'autre, l'inférence d'états mentaux d'autrui et les comportements empathiques des chimpanzés. Au cours de ces quarante dernières années, un grand nombre d'études se sont intéressées à cette notion de théorie de l'esprit. Dans un premier temps, des réflexions épistémologiques, dans un contexte de philosophie de l'esprit, ont amené des questions quant à l'intentionnalité ou encore l'attribution d'états mentaux d'autrui (Puig-Verges & Schweitzer, 2008). Puis, des études en psychologie du développement ont permis de comprendre quelle était la période d'acquisition de cette habileté de haut niveau (Flavell, 2004). En abordant la notion de théorie de l'esprit, il ne faut pas oublier la capacité de métacognition (avoir conscience de pouvoir inférer les états mentaux d'autrui) (Duval et al., 2011). C'est une étape importante pour développer normalement les habiletés sociales (Tourette, Recordon, Barbe & Soares-Boucaud, 2000). Le scénario « *Sally et Ann* » mis en place par Baron-Cohen, Leslie et Frith (1985) a permis de comprendre le fonctionnement de l'enfant, notamment pour les fausses croyances. Actuellement, nous savons donc que la théorie de l'esprit est une capacité pour l'individu d'inférer les états mentaux d'autrui, afin de comprendre les intentions ou les désirs des autres (Frith & Singer, 2008 ; Penn & Povinelli, 2007). Cela permettra ainsi de réguler son comportement envers l'autre dans le but d'avoir des relations sociales adaptées.

2.1.2. Apports neuroanatomiques

Au niveau neuroanatomique, le cortex préfrontal et le lobe temporal jouent un rôle très important pour la théorie de l'esprit. Dans le réseau cérébral, des circuits neuronaux sont nécessaires, notamment « *le cortex préfrontal (cingulaire antérieur et orbito-frontal), le complexe pôle temporal/amygdale et le complexe sillon temporal supérieur/jonction temporo-pariétale* » (Duval et al., 2011, p.42) (Illustration 4). Les aires de Brodmann 9 et 32 seraient associées à la théorie de l'esprit pour l'interprétation des émotions (Bechara, 2002 ; Gallagher & Frith, 2003). Pour Van Overwalle (2009), l'intégration des informations sociales dans la durée serait possible grâce au cortex préfrontal dorso-médian, tout comme la représentation cognitive des normes et des actes ainsi que la réflexion à propos de ces informations. Au contraire, pour comprendre les intentions et les buts d'autrui, ce serait davantage la jonction temporo-pariétale qui jouerait un rôle important.

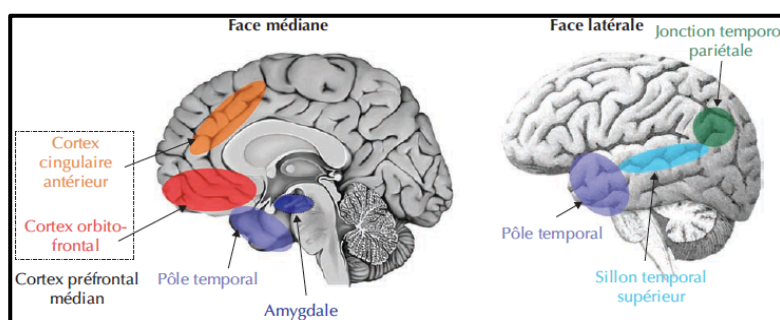


Illustration 4: Représentation schématique des bases neuroanatomiques de la théorie de l'esprit, en face médiane (à gauche) et en face latérale (à droite) (Duval et al., 2011)

Cette région préfrontale est mature tardivement (au niveau physiologique). Un développement progressif se fait tout au long de l'enfance, de l'adolescence jusqu'à l'âge adulte (Gogtay et al., 2004). Il est possible d'imaginer qu'en parallèle de cette maturation cérébrale, la théorie de l'esprit suit cette même courbe développementale pendant l'enfance et l'adolescence.

2.2. Modèles théoriques de la théorie de l'esprit

2.2.1. Présentation succincte des modèles

Un grand nombre de modèles ont été proposés pour tenter d'expliquer le développement de la théorie de l'esprit. Certains chercheurs ont proposé des modèles centrés sur des processus développementaux intra-individuels.

Le premier est l'approche « *theory-theory* » (Slaughter & Gopnik, 1996), dans laquelle la théorie de l'esprit correspondrait davantage à une théorie intuitive, qui se développe progressivement par l'enfant plutôt qu'à un ensemble de domaines isolés les uns des autres. Le terme « *théorie* » indique que c'est une capacité non observable (Tourrette, 1999). Il est alors possible de prédire puis d'expliquer certains phénomènes (comme le fait la science). L'enfant construit alors progressivement sa propre théorie des états mentaux (Deneault & Morin, 2007). Cependant, ce modèle n'explique pas comment les situations vécues peuvent se transformer en théorie (Nader-Grosbois & Thirion-Marissiaux, 2011).

Le deuxième modèle se nomme « *théorie de la simulation* », dans lequel les enfants construisent leur propre théorie (Gordon, 1992 ; Harris, 2005). En effet, l'enfant se sert de lui-même, de sa perception, comme propre modèle. En attribuant à l'autre ce qu'il éprouverait dans une situation identique, il peut alors comprendre les

états mentaux d'autrui (se mettre à la place de). L'environnement social joue alors un rôle important (Deneault & Morin, 2007). Pour certains, le jeu symbolique est un précurseur des aptitudes dans le domaine de la théorie de l'esprit. Néanmoins, ce modèle n'explique pas pourquoi certains états mentaux sont compris avant d'autres. Il ne fait pas non plus le lien avec ces capacités de simulations implicites certainement sous-tendues par les neurones miroirs (Nader-Grosbois & Thirion-Marissiaux, 2011).

Le troisième modèle est une approche modulaire, qui s'intéresse à la pathologie (surtout à l'autisme), plutôt qu'au développement typique (modèles précédents). C'est une conception innéiste. Les modules spécifiques pour le traitement de l'information seraient présents dès la naissance, mais ne se développeraient que progressivement grâce à la maturation cérébrale. L'enfant d'âge préscolaire a donc à disposition le concept de croyances. Cependant, les facteurs cognitifs seraient importants à cet âge et perturberaient les performances aux tâches de fausses croyances (Hale & Tager-Flusberg, 2003). Selon Baron-Cohen, Spitz et Cross (1993), la lecture mentale (*mindreading*) serait possible grâce à quatre mécanismes innés (détecteur de l'intentionnalité, de la direction du regard, mécanisme de l'attention conjointe et mécanisme de la théorie de l'esprit). Ce modèle paraît critiquable du fait qu'un déficit dans un seul module valide l'approche modulaire, alors que d'autres phénomènes pourraient expliquer ce déficit. De plus, il est conseillé de créer des modèles concernant le développement typique pour l'adapter dans le cadre de la pathologie plutôt que l'inverse.

Un quatrième modèle concerne les théories centrées sur les fonctions exécutives et sera abordé par la suite.

D'autres chercheurs ont préféré proposer des modèles se centrant sur l'apport du contexte social (approche vygotskienne). La théorie de l'esprit est alors perçue comme une activité interdépendante dans le milieu culturel et social de l'enfant (Ricard et al., 1999). Les interactions linguistiques avec les parents et la fratrie seraient considérées comme facilitatrices et stimulantes pour s'approprier ainsi que développer la théorie de l'esprit (Dunn, 1995). Les trajectoires développementales sont les mêmes pour les enfants (ou adolescents) de milieux culturels différents. Toutefois, l'âge d'acquisition de certains états mentaux peut varier en fonction du milieu culturel. Selon Nader-Grosbois et Thirion-Marissiaux (2011), il est donc préférable de s'intéresser au développement typique de l'enfant et voir l'acquisition de la théorie de l'esprit de manière globale, selon différents facteurs, puisqu'il est également possible de distinguer la théorie de l'esprit en plusieurs aptitudes.

2.2.2. Différenciation des théories de l'esprit

La théorie de l'esprit est un processus global. Elle est composée de plusieurs types de représentations et de plusieurs niveaux. En ce qui concerne les niveaux, il est nécessaire de distinguer la théorie de l'esprit de premier ordre et de second ordre. En effet, il y a la réalité physique (représentation), correspondant à la théorie de premier ordre (X pense que A pense que/à... , e.g. « *Je pense que Sophie pense à sa poupée* »). Il y a également la réalité mentale de cette réalité (métareprésentation), correspondant à la théorie de second ordre (X pense que A pense que B pense que/à..., e.g. « *Je pense que Marc pense que Léo pense à sa dictée* ») (Illustration 5). Le niveau précédant ces deux ordres est appelé « *ordre zéro* », puisqu'il n'engage pas de raisonnement sur un état mental, il est uniquement perceptif. Dans cette continuité, les termes de représentations, d'attributions ou de fausses croyances de premier ordre ou de second ordre sont parfois utilisés (Hayashi, 2007 ; Perner & Wimmer, 1985).

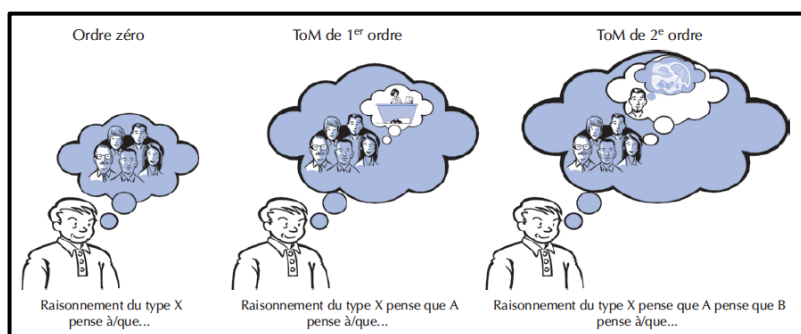


Illustration 5 : Représentation des différents niveaux de la théorie de l'esprit (Duval et al., 2011)

Une deuxième distinction a été faite par Coricelli (2005) qui a distingué la théorie de l'esprit dite « froide » (pensées) de la théorie de l'esprit dite « chaude » (émotions). Shamay-Tsoory et Aharon-Peretz (2007a) puis Kalbe et al. (2010) ont complété ces distinctions en définissant deux types de théorie de l'esprit (cognitive et affective). La théorie de l'esprit cognitive (relative aux pensées, aspects « froids ») correspond à la possibilité d'inférer les états épistémiques d'autrui (e.g. connaissances sur le monde). C'est-à-dire comprendre les actions, les pensées et les intentions de l'autre, sans prêter attention à la connotation émotionnelle. Au niveau neuroanatomique, pour cette aptitude, c'est le cortex préfrontal dorso-latéral qui est important. La théorie de l'esprit affective (relative aux émotions, aspects « chauds ») peut être définie comme la capacité à inférer les états affectifs d'autrui (e.g. émotions, sentiments) afin de pouvoir les interpréter, les comprendre pour répondre à l'action et donner une réponse socialement adaptée (e.g. Le test des « Faux Pas » (Stone et al., 2003), permet d'évaluer la théorie de l'esprit cognitive et affective, cf. 2.2. Matériel) (e.g. la tâche de Yoni, pour évaluer normalement la théorie de l'esprit cognitive, affective, de premier ordre et second ordre. Elle évalue en réalité les capacités perceptives plutôt que les aspects affectifs (Shamay-Tsoory, Aharon-Peretz & Levkovitz, 2007b)). Dans le cas de la théorie de l'esprit affective, c'est le cortex préfrontal ventromédian qui a le plus d'importance (Hynes, Baird & Grafton, 2006).

Il est nécessaire de bien différencier décodage et raisonnement dans la théorie de l'esprit. En effet, le décodage correspond à l'aspect sensoriel, automatique, spontané (e.g. visuel, auditif [e.g. *prosodie*], olfactif) (Coricelli, 2005). Il implique principalement les processus primaires (Niomboro, Deb & Humphreys, 2008). Il s'agit de repérer les indices dans l'environnement et identifier les informations sociales. Le raisonnement correspond quant à lui à l'accès aux connaissances et aux détails de la situation (e.g. contexte, personnes impliquées). Contrairement au décodage, il implique des fonctions de plus haut niveau (Niomboro et al., 2008). Il permet de comprendre les situations pour pouvoir les expliquer. Ce processus est plus complexe et se développe progressivement pendant l'enfance.

2.3. Développement de la théorie de l'esprit

En ce qui concerne le développement de la théorie de l'esprit, il est important de rappeler qu'au niveau neuroanatomique, la maturation physiologique continue pendant l'enfance et l'adolescence au niveau du lobe temporal mais surtout au niveau du cortex préfrontal (mature qu'à vingt ans, Gogtay et al., 2004). Il y a donc de grandes différences au niveau cérébral à huit ans, onze ans et quatorze ans.

« Les enfants conçoivent que deux personnes ont des désirs différents par rapport à un même objet avant de concevoir qu'ils ont des croyances différentes par rapport à une même réalité » (Nader-Grosbois & Thirion-Marissiaux, 2011, p.34). Wellman (1991) propose un lien entre désirs et croyances. Selon ce chercheur, les croyances sont comprises bien après les désirs. A deux ans, l'enfant est capable d'interpréter le comportement de l'autre (« *Psychologie du désir* »). Ce n'est qu'à partir de trois ans qu'il est possible de parler de « *Théorie de l'esprit* ». A cet âge, l'enfant est capable de concevoir que des états mentaux peuvent influencer son propre comportement ou celui des autres (perception d'une copie de la réalité). Les émotions sont également comprises avant les fausses croyances (Wellman & Liu, 2004). A l'âge de quatre, voire cinq ans, il est capable de comprendre les états mentaux (représentation, cela n'est plus considéré comme une copie de la réalité). Il est capable de métacognition et est alors conscient que des fausses croyances peuvent expliquer le comportement (e.g. La tâche « *Sally et Ann* » (Baron-Cohen et al., 1985), est souvent réussie à quatre ans). Cependant, l'enfant peut réussir les épreuves de théorie de premier ordre, mais rarement celles de second ordre (Baron-Cohen, 2001) (e.g. La tâche de la « *boîte de Smarties™* » (Gopnik & Astington, 1988)). Après avoir montré à l'enfant qu'elle contient un crayon, « *Que croyais-tu qu'il y avait dans la boîte ?* » (premier ordre), « *Que crois-tu que Paul (sujet absent qui n'a pas vu la scène) croira qu'il y a dans la boîte ?* » (second ordre). En effet, c'est à six ans que l'enfant est en capacité d'inférer la représentation mentale qu'une personne a de celle d'une autre (second ordre) (e.g. « *Ice-cream story* », « *John pense que Marie pense que ...* », évaluant les fausses croyances, Perner & Wimmer, 1985). Selon ces mêmes chercheurs, les capacités, en théorie de premier et second ordre, se développent en lien avec les théories piagétienne, dans le sens où l'enfant va acquérir ces aptitudes dans la même continuité que les stades préopératoires (deux à sept ans) jusqu'au stade de la pensée opérationnelle concrète (sept à onze ans).

En ce qui concerne les théories de l'esprit cognitive et affective, il existerait également une différence d'acquisition. La théorie de l'esprit cognitive se développant plus tardivement que la théorie de l'esprit affective. A six ans, l'enfant est capable d'identifier qu'une personne peut ressentir quelque chose mais exprimer une opinion différente. Pour les notions plus difficiles, telles que la compréhension de l'ironie, de l'humour complexe, il faut attendre au moins l'âge de huit ans pour que ces aptitudes puissent commencer à se développer correctement (Richard et al., 2006). Dans la continuité des travaux réalisés huit ans auparavant chez les enfants d'âge scolaire et les adolescents ([neuf-quatorze ans] Wang et al. (2006) ; [onze-seize ans] Sebastian et al. (2012) ; [dix-douze ans versus quatorze-seize ans] Moor et al. (2012)), Vetter et al. (2014) ont réalisé une étude comparative (douze-quatorze ans versus dix-neuf-vingt-cinq ans) pour étudier la théorie de l'esprit affective. Ils ont observé des différences d'activations cérébrales ainsi que des différences dans les scores aux épreuves, entre les adolescents et les jeunes adultes. Ce qui supposerait que la théorie de l'esprit continuerait de se développer pendant l'enfance et l'adolescence et qu'elle ne serait pas mature à quatorze ans.

Il n'y actuellement pas de consensus pour définir un âge approximatif d'acquisition de chacune des théories de l'esprit. De manière générale, les études montrent que même si dès l'âge préscolaire l'enfant est capable de comprendre les états mentaux, ce n'est qu'à partir de l'âge scolaire qu'il peut réussir les tâches de second ordre. De plus, la théorie de l'esprit cognitive se développe plus tardivement que la théorie de l'esprit affective. Le développement pourrait donc être progressif de huit à quinze ans, voire jusqu'à l'âge adulte, comme ce qui pourrait être remarqué pour les fonctions exécutives.

3. Des liens entre fonctions exécutives et théorie de l'esprit

3.1. Modèles théoriques des fonctions exécutives et de la théorie de l'esprit

Dans les modèles théoriques de la théorie de l'esprit s'appuyant sur les processus développementaux intra-individuels, un quatrième modèle concernait les théories centrées sur les fonctions exécutives (Nader-Grosbois & Thirion-Marissiaux, 2011). Ce modèle postule que la compréhension des fausses croyances pourrait s'expliquer par le développement des fonctions exécutives telles que la mémoire de travail et le contrôle inhibiteur (pour certains, principalement le contrôle inhibiteur, Carlson & Moses, 2001). Mazeau et Pouhet (2014) ont proposé une simplification du schéma proposé par Nader-Grosbois et Thirion-Marissiaux (2011), expliquant l'acquisition de la théorie de l'esprit (Illustration 6). La théorie de l'esprit serait donc au centre, en lien avec quatre secteurs (langagier, socio-affectif et adaptatif, cognition sociale, cognitif [fonctions exécutives]). Ces deux notions (théorie de l'esprit et fonctions exécutives) seraient donc interdépendantes (Kloo & Perner, 2003).

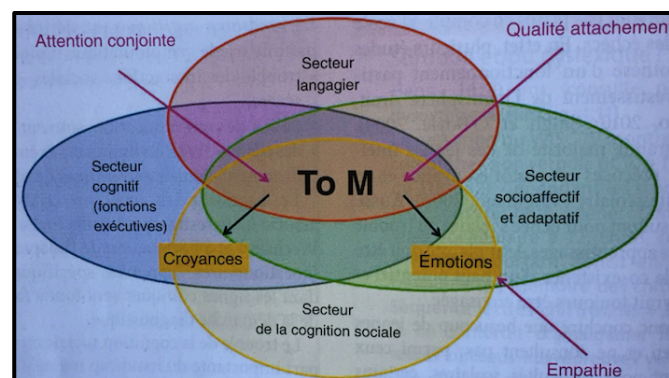


Illustration 6 : Schématisation de la place de la théorie de l'esprit dans une dynamique d'un fonctionnement plurisectoriel (Mazeau & Pouhet, 2014)

Dans les derniers modèles des fonctions exécutives, Diamond (2013) propose d'identifier quatre processus exécutifs se développant progressivement, à savoir le contrôle inhibiteur et la mémoire de travail (permettant le développement de la flexibilité cognitive), la flexibilité cognitive ainsi que les fonctions exécutives de haut niveau (e.g. résolution de tâches complexes, planification ; assimilée à l'intelligence fluide). Il s'agit donc d'une ontogénèse hiérarchisée où les processus sont inter-reliés (complexification graduelle). Le modèle de Dennis (2006) quant à lui, place au centre du développement exécutif la mémoire de travail et l'inhibition qui auraient une capacité de traitement limitée. La flexibilité n'aurait alors pas autant d'importance. Zelazo (2002) a proposé de distinguer les processus de contrôle exécutif en fonction du contexte. En effet, il existerait deux types de fonctionnement exécutif (froid et chaud). Les fonctions exécutives « froides » (versant *cold, cool*), correspondraient aux aspects cognitifs, tels que le raisonnement logique, la réalisation d'une tâche complexe, en l'absence d'état émotionnel. Contrairement aux fonctions exécutives « chaudes » (versant *hot*), qui seraient davantage rattachées aux aspects affectifs, où les composantes affectives, émotionnelles et motivationnelles viendraient au premier plan. Ce versant permet également la capacité d'autorégulation (Roy, 2015). Le développement des fonctions exécutives serait donc aux interfaces du développement de la cognition sociale (et plus précisément la théorie de l'esprit) (Carlson, Moses & Claxton, 2004). Dans l'étude de Vetter et al. (2013), la théorie de l'esprit est également liée de manière positive aux trois fonctions exécutives (mémoire de travail,

flexibilité, inhibition). De manière générale, les fonctions exécutives sont liées à la théorie de l'esprit, qu'elle soit cognitive, affective, de premier ou second ordre (Duval et al., 2011). Cependant, ces relations sont plus marquées dans les situations de théorie de l'esprit de second ordre (Miller, 2009).

Les fonctions exécutives et la théorie de l'esprit ont également en commun d'être distinguées, pour chacune, en deux versants, l'un cognitif (« *froid* ») et l'autre affectif (« *chaud* »). De plus, leur localisation cérébrale est similaire. En effet, le cortex préfrontal joue un rôle important pour ces deux habiletés de haut niveau et cette région devient mature tardivement. Donc le développement de ces deux capacités pourrait se ressembler et s'effectuerait probablement en parallèle l'un de l'autre au vu du fonctionnement neuroanatomique.

3.2. Développement des fonctions exécutives et de la théorie de l'esprit

En ce qui concerne le développement des fonctions exécutives et de la théorie de l'esprit, les avis sont encore partagés quant à l'émergence de l'une par rapport à l'autre. Tandis que certains considèrent que c'est le fonctionnement exécutif qui joue un rôle important pour le développement de la théorie de l'esprit (Hughes, 1998), d'autres pensent le contraire (Carlson et al., 2004). Au vu des arguments de Hughes (1998, étude longitudinale), il semble plus pertinent de considérer que le développement des fonctions exécutives serait un premier signe indiquant les capacités de développement de la théorie de l'esprit par la suite, plutôt qu'affirmer le contraire. De plus, le fonctionnement exécutif serait un prédicteur de la compréhension des fausses croyances (Devine & Hughes, 2014 ; Duval et al 2011). Vetter et al. (2013) considèrent que les fonctions exécutives (mémoire de travail, flexibilité et inhibition) sont liées de manière positive à la théorie de l'esprit affective et qu'elle est à son tour liée positivement à l'âge.

Des liens entre le développement des fonctions exécutives et de la théorie de l'esprit seraient observés dès l'enfance. A l'âge préscolaire, il y aurait un développement parallèle et similaire puisque des relations significatives sont observées entre les différentes composantes des fonctions exécutives et de la théorie de l'esprit (Carlson et al., 2004 ; Roy, 2015). Le développement rapide de la théorie de l'esprit cognitive de premier ordre, entre trois et six ans, correspond complètement aux capacités exécutives (Hughes, 1998). Selon Anderson, Jacobs et Anderson (2008), les fonctions exécutives froides se développent progressivement entre huit et quinze ans (e.g. à huit ans, maîtrise de la maturité cognitive et amélioration de l'inhibition, de la vigilance et de l'attention soutenue jusqu'à onze ans ; à neuf ans, progression au niveau de la mémoire de travail et la planification ; à douze ans, comportement dirigé vers un but se développe ; à quinze ans, amélioration du contrôle attentionnel, de la vitesse de traitement, l'inhibition deviendrait mature [dans l'étude d'Huizinga et al., 2006, l'épreuve du Stroop montre que l'inhibition ne serait pas mature avant vingt-et-un ans] ; à seize ans, progrès en mémoire de travail, pour les stratégies, la planification et la résolution de problèmes jusqu'à dix-neuf ans). En ce qui concerne les fonctions exécutives chaudes, Anderson et al. (2008) considèrent également que des différences sont trouvées en fonction des âges. A huit ans, des différences sont observées quant à la compréhension des métaphores (Ackerman, 1981) et de la tromperie sociale (Happe, 1994). Ces notions impliquent un chevauchement avec la théorie de l'esprit cognitive. De neuf à onze ans, des différences interindividuelles sont remarquées pour la compréhension des faux pas (Baron-Cohen et al., 1999). Les Faux Pas n'impliquent pas que les performances exécutives chaudes, mais aussi la théorie de l'esprit cognitive et affective. De quatorze à dix-sept ans, une

amélioration de la prise de décision affective est observée. Dans certaines études, les fonctions exécutives chaudes correspondent, en de nombreux points, à la théorie de l'esprit, il est important de garder à l'esprit les distinctions entre les deux, tout comme les relations possibles.

Dans l'illustration 7, d'Anderson et al. (2008), nous observons cette perspective développementale (« *life span* ») entre huit et quinze ans des aspects exécutifs (avec tout de même une flexibilité cognitive, mature bien avant l'inhibition et la mémoire de travail, entre neuf et dix ans, ce qui ne correspond pas forcément aux études précédentes [douze ans, Cepeda et al., 2001 ; Crone et al., 2006 ; quinze ans, Huizinga et al., 2006]). De plus, la théorie de l'esprit serait mature à partir de cinq-six ans, ce qui est relativement tôt par rapport à ce que ces chercheurs décrivaient avant (e.g. compréhension des faux-pas de neuf à onze ans seulement) et à toutes les observations des autres études (e.g. au moins huit ans pour les notions plus complexes de la théorie de l'esprit cognitive [Richard et al., 2006], développement pendant l'enfance et l'adolescence, la théorie de l'esprit n'étant pas mature avant quatorze ans [Vetter et al., 2014]).

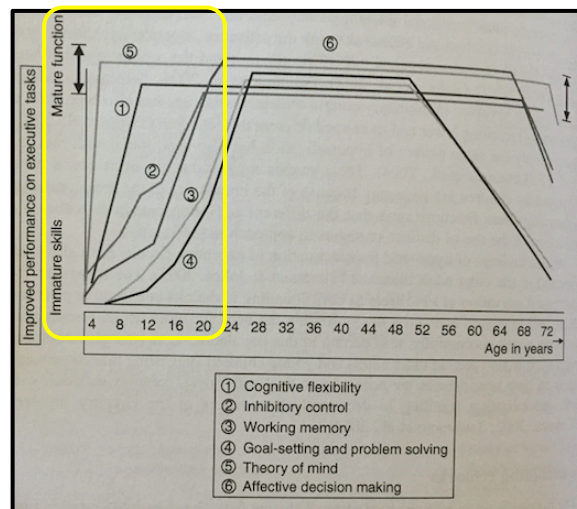


Illustration 7 : Représentation graphique des trajectoires de développement (« *life span* ») pour les aspects « froids » et « chauds » (Anderson et al., 2008)

L'âge est un facteur d'influence important dans nos observations sur les performances aux tests comme nous l'avons observé précédemment (un enfant de huit ans n'aura pas les mêmes résultats qu'un adolescent de quinze ans pour la même épreuve). Il y a un développement progressif pendant l'enfance et l'adolescence (Fournier & Des Portes, 2017 ; Huizinga, 2006 ; Roy, 2015). La théorie de l'esprit affective est liée positivement à l'âge et aux fonctions exécutives, en sachant que ce serait principalement l'inhibition qui expliquerait les différences liées à l'âge dans ces domaines (Vetter et al., 2013).

Encore une fois, il n'y a donc pas de consensus en ce qui concerne l'acquisition, le développement ainsi que l'âge de maturité des fonctions exécutives et de la théorie de l'esprit, d'où les avis mitigés en ce qui concerne le développement de ces deux capacités. Quoi qu'il en soit, la plupart des études postulent qu'il existe un développement progressif pour chacune de ces fonctions, pendant l'enfance principalement et pour certains pendant l'adolescence, voire même jusqu'à l'âge adulte.

PARTIE EXPERIMENTALE

1. Objectifs, problématique, hypothèses

Les fonctions exécutives et la théorie de l'esprit sont des habiletés de hauts niveaux qui intriguent énormément les chercheurs depuis ces quarante dernières années. Depuis que des liens entre ces deux fonctions ont été imaginés, de nouvelles études ont cherché à comprendre ce qui pouvait les relier. A l'heure actuelle, au regard des travaux réalisés chez l'enfant et l'adolescent, il n'y a pas de consensus pour définir un développement précis (au fil des années de l'enfance et de l'adolescence) des fonctions exécutives et de la théorie de l'esprit. Notamment en ce qui concerne les périodes d'acquisitions et les périodes où les performances sont maximales.

Ce travail vise à étudier le développement des fonctions exécutives (mémoire de travail, inhibition, flexibilité) et de la théorie de l'esprit (cognitive et affective) chez l'enfant d'âge scolaire et l'adolescent tout-venant. Nous souhaitons mieux connaître le profil neuropsychologique typique de l'enfant et l'adolescent, afin de comprendre le développement de ces deux habiletés de haut niveau ainsi que les liens probables entre elles. Nous nous intéresserons à l'âge (similitudes ou différences à huit, onze et quatorze ans). Au vu du faible échantillonnage, cette contribution sera une contribution modeste pour l'avancée de la recherche et pour répondre à cette problématique. Néanmoins, cela permettra d'avoir un premier regard sur le développement actuel de ces capacités et les liens possibles qui peuvent être fait. De plus, cela permettra de mieux comprendre les besoins des jeunes de huit à quinze ans, afin de proposer des méthodes et des aides adaptées, notamment au niveau scolaire.

Après avoir étudié les données de la littérature, nous tenterons de répondre à la problématique suivante : En quoi le développement des fonctions exécutives est-il progressif tout comme le développement de la théorie de l'esprit pendant l'enfance jusqu'à l'adolescence ?

Les hypothèses de l'étude concernent les enfants d'âge scolaire et les adolescents tout-venant. Nous pouvons en exposer trois.

Nous formulons l'hypothèse (1) que les capacités de mémoire de travail, de flexibilité ainsi que d'inhibition (fonctions exécutives) seront différentes en fonction de l'âge. Ces capacités, évaluées par le biais de performances aux subtests de *Mémoire des Chiffres, en ordre Inverse (MCI, WISC-IV)*, au *Stroop* et au *NCST*, se développeront progressivement entre huit et quinze ans (Beveridge et al., 2002 ; Brocki & Bohlin, 2004 ; Dajani & Uddin, 2015 ; De Luca et al., 2003 ; Fourneret & Des Portes, 2017 ; Gathercole et al., 2004 ; Hitch et al., 1989 ; Huizinga et al., 2006 ; Klenberg et al., 2001 ; Luciana & Nelson, 1998 ; Luciana et al., 2005 ; Luna et al., 2004 ; Roy, 2015 ; Welsh, 1991). Les scores des jeunes de treize-quinze ans, aux tests évaluant les performances exécutives, seront supérieurs aux scores des jeunes de dix-douze ans, qui auront des scores supérieurs à ceux de huit-neuf ans (Huizinga et al., 2006 ; Levin, 1991). La variable indépendante sera l'âge, à trois modalités (huit-neuf ans, dix-douze ans, treize-quinze ans). Le plan expérimental sera noté « $S_{58} < A_3 >$ ».

Nous émettons l'hypothèse (2) que les capacités en théorie de l'esprit cognitive et affective seront différentes en fonction de l'âge. Ces capacités, évaluées par le biais de performances aux épreuves *Advanced*

TOM et *Faux-Pas*, se développeront progressivement entre huit et quinze ans (Baron-Cohen, 2001 ; Nader-Grosbois & Thirion-Marissiaux, 2011 ; Richard et al., 2006 ; Vetter et al., 2013). Les scores des jeunes de treize-quinze ans, aux tests évaluant la théorie de l'esprit, seront supérieurs aux scores des jeunes de dix-douze ans, qui auront des scores supérieurs à ceux de huit-neuf ans (Moor et al., 2012 ; Sebastian et al., 2012 ; Vetter et al., 2014 ; Wang et al., 2006). La variable indépendante sera l'âge, à trois modalités (huit-neuf ans, dix-douze ans, treize-quinze ans). Le plan expérimental sera noté « $S_{58} < A_3 >$ ».

Enfin, nous exprimons l'hypothèse (3) que les fonctions exécutives et la théorie de l'esprit seront corrélés. C'est-à-dire qu'il existe un lien entre ces deux habiletés de hauts niveaux (Anderson et al., 2008 ; Carlson et al., 2004 ; Dennis, 2006 ; Diamond, 2013 ; Roy, 2015). Si les scores sont élevés aux épreuves exécutives, ils le seront également aux épreuves évaluant la théorie de l'esprit.

2. Méthodologie

2.1. Participants

Dans le cadre de cette étude, cinquante-huit sujets, âgés de 8 ans 0 mois à 15 ans 11 mois, ont accepté de participer à l'étude.

Les critères d'inclusion étaient les suivants : âge compris entre huit et quinze ans ; suivi d'une scolarité typique (absence de trouble des apprentissages, de retard mental ou de précocité intellectuelle) ; maîtrise de la langue française ; accord préalable du sujet et de ses parents (ou représentants légaux) pour la participation à l'étude. Les critères de non inclusion étaient les suivants : troubles sensoriels élémentaires (visuel, auditif) et/ou troubles instrumentaux (langage, praxiques) incompatibles avec la réalisation des tests ; antécédents neurologiques ou psychiatriques.

Trois groupes d'âges ont été formés, à savoir le groupe A correspondant aux enfants de huit-neuf ans (vingt-et-un participants), le groupe B pour les dix-douze ans (seize participants) et le groupe C pour les treize-quinze ans (vingt-et-un participants).

2.2. Matériel

2.2.1. Matériel évaluant les fonctions exécutives

a) Mémoire des chiffres, WISC-IV

La mémoire des chiffres est un subtest de la batterie d'efficacité intellectuelle de Wechsler (WISC-IV, Wechsler, 2005). Elle est adaptée pour les enfants et adolescents ayant entre six et seize ans onze mois. Ce subtest est composé de deux parties : mémoire des chiffres en ordre direct et en ordre inverse. Il permet d'évaluer la mémoire à court terme puis la mémoire de travail, sur modalité auditive-verbale. Pour cette étude, même si l'enfant a passé les deux parties, nous nous intéresserons uniquement au score (note brute) et à l'empan de la mémoire des chiffres en ordre inverse (MCI).

Pour chaque item, il y a deux essais. Les items se complexifient progressivement puisqu'un chiffre est ajouté à chaque fois (e.g. Item 4. Dire « 7 - 2 - 9 - 6 », l'enfant devra répondre « 6 - 9 - 2 - 7 »). A chaque

essai, une réponse correcte est cotée 1 point, alors qu'une réponse incorrecte sera cotée 0 point. L'épreuve se termine après une note 0 aux deux essais d'un même item. La note brute correspond à l'addition des notes d'essais (maximum 16). L'empan, quant à lui, sera le dernier nombre de chiffres restitués au dernier essai correct, c'est-à-dire coté 1 (maximum 8).

b) Stroop, protocole FEE

Le Stroop fait partie du protocole FEE, batterie d'évaluation des fonctions exécutives chez l'enfant (en préparation, Roy, Roulin, Le Gall & Fournet). C'est une tâche évaluant l'inhibition, puisqu'il faut faire abstraction (ou supprimer) un automatisme (la lecture) pour se focaliser sur quelque chose qui ne l'est pas (dénommer la couleur de l'encre). C'est une épreuve qui est autant proposée aux enfants qu'aux adultes.

Le Stroop comporte trois planches : Dénomination (A), Lecture (B) et Interférence (C). Chaque planche est composée de dix lignes, comportant chacune dix rectangles de couleur (rouge, vert, bleu). Il faut travailler ligne par ligne, de gauche à droite. Il y a une ligne d'essai par planche avant de démarrer le chronomètre. Dans la tâche de dénomination (A), le sujet doit dire le plus rapidement possible la couleur des rectangles (rouge, vert, bleu). Pour la tâche de lecture (B), le sujet doit lire le plus rapidement possible les mots (rouge, vert, bleu écrits à l'encre noire). Dans la dernière tâche, interférence (C), le sujet ne doit plus lire le mot mais donner le plus rapidement possible la couleur de l'encre (e.g. ROUGE, dire « bleu », pour VERT, dire « rouge »). Dans le cadre de notre étude, nous nous intéresserons uniquement au score d'interférence, à savoir le temps, en secondes (différence entre C et A) ainsi que le nombre d'erreurs corrigées et non corrigées (différence entre C et A).

c) NCST, protocole FEE

Le NCST (*New Card Sorting Test*) est également une épreuve du protocole FEE (en cours de validation, Roy et al.). C'est une tâche évaluant la flexibilité. Il s'agit de pouvoir choisir un critère parmi les trois possibles et le maintenir pendant six essais consécutifs (permet d'observer s'il y a des abandons prématurés de règles). Puis au « non », de la septième carte, pouvoir changer de critère (permet d'observer s'il y a des persévérations, c'est à dire que le sujet continue le même critère malgré le « non », défaut de flexibilité mentale). Cette épreuve est proposée aux enfants et adolescents.

Le NSCT est composé de quatre cartes cibles (un triangle rouge, deux étoiles vertes, trois croix jaunes et quatre ronds bleus) et vingt-quatre cartes ayant en commun le nombre, la forme ou la couleur avec les cartes cibles. Il faut dans un premier temps que l'enfant repère les trois critères possibles. Puis les cartes lui sont présentées une à une devant lui (deux fois les vingt-quatre cartes, pour avoir quarante-huit données). Le sujet doit alors associer la carte présentée avec l'une des quatre cartes cibles. L'examineur ne peut aider le sujet, il indiquera uniquement si la réponse est correcte (« oui ») ou incorrecte (« non »). Nous nous intéresserons au temps (en secondes), au nombre de catégories, ainsi qu'au nombre d'erreurs (persévérations, abandons, autres).

2.2.2. Matériel évaluant la théorie de l'esprit

a) Advanced TOM

L'épreuve Advanced TOM du protocole TOM (*Theory Of Mind*) (en préparation, Lancelot, Roy & Le Gall)

évalue la théorie de l'esprit cognitive, à travers des scénarii, inspirés des histoires de Happé (1994). Pour notre étude, onze histoires sont proposées de manière aléatoire, impliquant des états mentaux différents (apparence-réalité, blague, double bluff, faire semblant, mensonge, mensonge prosocial, méprise, métaphore, oubli, persuasion, sarcasme) puis trois autres histoires permettant de contrôler la compréhension de texte du sujet. Il y a deux planches par histoire : une pour l'examineur comportant le texte ainsi que les questions et une pour le sujet comportant uniquement le texte. L'histoire est lue une fois par l'examineur, pendant que le sujet suit la lecture sur la planche qui est devant lui. Une fois les questions posées, il peut relire le texte autant de fois qu'il le souhaite afin de répondre aux questions.

Voici un exemple d'histoire impliquant un mensonge prosocial : « *Un jour, Anne vient rendre visite à sa nièce Marie. Marie admire beaucoup sa tante Anne car elle est très belle et porte toujours de très jolis chapeaux. Aujourd'hui, Anne arrive avec un nouveau chapeau que Marie juge extrêmement laid et qui donne à sa tante un air stupide. Lorsque sa tante lui demande comment elle trouve le nouveau chapeau, Marie répond 'Oh, il est très beau' ».*

La question de compréhension est « *Est-ce que ce que dit Marie est vrai ?* ». Au vu de cette question fermée, la réponse attendue est « *oui* » ou « *non* ». Une réponse correcte est alors cotée 1 point. Le score maximal étant 11. Puis la question cible est « *Pour quelle raison dit-elle cela ?* ». Cette question est plus ouverte, il est donc nécessaire d'écrire mot pour mot les propos de l'enfant. Le protocole est encore en cours de validation et il n'y a pas de grille de cotation spécifique à la partie qualitative. Cliniquement, au vu de la différence de réponses des participants en fonction du groupe d'âge, il semblait primordial de créer une grille pour approfondir les analyses qualitatives, en définissant une cotation et un score pour tendre vers une analyse quantitative.

La grille comprend des tableaux de réponses pour chaque histoire, classés par ordre alphabétique, en deux pages seulement. Il est très important d'avoir une grille de cotation à la fois claire, simple de lecture, mais en même temps assez détaillée pour coter facilement. Pour ce type de question ouverte, la cotation 0/1 ne semblait pas assez sensible (e.g. certains enfants peuvent ne répondre que partiellement à la question). La cotation 0/1/2 semblait donc plus pertinente (0 pour réponse incorrecte, 1 pour réponse correcte mais incomplète et 2 pour réponse correcte et complète). De plus, sur certains items, il était nécessaire de relancer les propos de l'enfant pour qu'il puisse expliquer le fond de sa pensée (e.g. « *Est-ce que tu peux m'en dire un peu plus ?* », « *Tu veux bien me réexpliquer ce que tu as voulu dire ?* ». Parfois l'enfant n'avait finalement pas compris versus parfois l'enfant avait très bien compris l'histoire mais n'avait pas développé assez). Dans le cas où l'enfant n'aurait pas développé assez spontanément, la cotation 0 paraissait sévère. Néanmoins, il n'était pas adapté non plus de coter 2 points après une ou plusieurs relance(s), alors que la première réponse cotait 0. La solution a été d'enlever 0,5 à la cotation finale lorsque les propos de l'enfant ont dû être relancés (cf. Annexe 1, I-II).

Cette grille a été créée dans le cadre de ce projet, il était donc primordial de faire une double cotation. Le deuxième correcteur ne connaissait pas le protocole ni les histoires, ce qui permettait de réadapter les attendus pour la grille de cotation, mais aussi de pouvoir discuter de certaines réponses. Tous les protocoles ont reçu la double cotation avec les deux mêmes correcteurs.

b) Faux-Pas

La tâche des Faux-Pas fait également partie du protocole TOM (en cours de validation, Lancelot et al.). Elle est inspirée du protocole de Stone et al. (1998) et évalue la théorie de l'esprit, à la fois cognitive et affective. Il s'agit encore une fois d'histoires, mais cette fois-ci représentant des faux-pas (situations où une personne dit ou fait quelque chose qu'elle n'aurait pas dû). L'épreuve comporte huit histoires, dont quatre contiennent des faux-pas et quatre n'en contiennent pas.

Voici un exemple d'histoire comportant un faux-pas, « *Sophie a les cheveux courts. Alors qu'elle rend visite à sa tante Carole, la voisine de cette dernière vient prendre le thé. A son arrivée, la voisine regarde Sophie et dit : « Je ne pense pas avoir déjà rencontré ce jeune homme. Quel est ton nom ? »*. La première question est : « *Est-ce que quelqu'un a dit quelque chose qu'il n'aurait pas dû ? (1)* ». Si le sujet répond « *oui* », il faut poser les cinq questions qui suivent : « *Qui a dit quelque chose qu'il n'aurait pas dû dire ? (a)* » ; « *Pourquoi n'aurait-il/elle pas dû dire cela ? (b)* » ; « *Pourquoi penses-tu qu'il/elle a dit cela ? (c)* » ; « *Est-ce que la voisine savait que Sophie était une fille ? (d)* » ; « *Comment se sent Sophie à la fin de l'histoire ? (e)* ». Si le sujet répond « *non* », il faut passer directement à la question contrôle « *Chez qui se trouve Sophie ? (2)* ».

A chaque réponse correcte est attribuée 1 point. Dans notre étude, nous nous intéresserons principalement au score de justifications d'aspects cognitifs (réponses de a à d), coté sur 16 ainsi qu'au score de justifications d'aspects affectifs (réponses e) coté sur 4. Nous prendrons en compte le score total, coté sur 32.

Le protocole contenait également les questionnaires PedsQL (modules : fatigue, tumeur cérébrale et qualité de vie), en auto- et hétéro-évaluation. Il y avait deux versions, une pour les huit-douze ans et une pour les treize-dix-huit ans. Ainsi que les questionnaires BRIEF (Behavior Rating Inventory of Executive Function), version parent et SF-36 (à remplir par le parent au sujet de lui-même). Ces questionnaires ne seront pas analysés dans le cadre de cette étude, néanmoins il semblait intéressant de le préciser pour comprendre la procédure. De plus, une échelle d'intérêt (smileys) et une échelle de réussite (cycliste) (du protocole FEE, en cours de validation, Roy et al.) ont été proposées au participant après chaque subtest. Ces échelles étaient intéressantes cliniquement pendant la passation.

2.3. Procédure

Dans le cadre de cette recherche, contacter des écoles élémentaires (publiques et privées) a été nécessaire pour rencontrer les élèves de CE2, CM1 et CM2. Une lettre d'information (cf. Annexe 2, III) a été adressée aux directeurs des écoles dans un premier temps. Une fois que le directeur et les professeurs des écoles ont pris connaissance de la lettre d'information et ont donné leur accord, il était important de présenter aux jeunes l'étude avec des mots simples (sans présenter pour autant le matériel) et qu'ils puissent avoir un support pour en discuter avec leurs parents (cf. Annexe 3, IV). De plus, lors de cette rencontre, la lettre adressée aux parents, contenant le formulaire de consentement, était distribuée (cf. Annexe 4, V). De la même manière, le recrutement en Accueil de Loisirs Sans Hébergement a commencé par une lettre d'information à la direction, puis une explication aux enfants ainsi qu'une lettre aux parents. Ce deuxième type de recrutement a permis de rencontrer des jeunes de huit à douze ans ainsi que leur fratrie (jusqu'à quinze ans).

Lorsque les parents et leur(s) enfant(s) rendaient une réponse positive, nous fixions une date pour nous rencontrer. La passation du protocole se déroulait à domicile afin que les parents puissent remplir tous les questionnaires, mais aussi pour répondre à leurs questions. Nous commençons par un temps d'échanges (présence du parent et de l'enfant), puis l'enfant était vu seul pour passer le protocole. Un temps de discussion informel était instauré afin que le participant se sente en confiance et puisse s'adapter au cadre de recherche. Le fait de réaliser les protocoles au domicile, demande à l'examineur de bonnes capacités de flexibilité et d'adaptation pour installer un cadre de recherche approprié dans un lieu qui ne l'est pas. Pour installer ce cadre de recherche, il fallait proposer à la famille de se rencontrer dans une pièce calme, sans trop d'éléments distrayeurs (e.g. éviter la pièce de vie centrale, comme le salon, où le passage est fréquent, la télévision allumée, le bruit important). Il était nécessaire de proposer à l'enfant de s'asseoir autour d'une table ou d'un bureau (comme pour travailler), certains préférant s'asseoir par terre (comme pour jouer). L'objectif était d'avoir un endroit qui ressemble au maximum à un lieu professionnel, même si nous savions pertinemment qu'il ne l'était pas.

Le matériel a été présenté dans le même ordre que dans la partie précédente explicative (MCI, Stroop, NCST, TOM, Faux-Pas, puis questionnaires). De plus, les échelles d'intérêt/réussite étaient proposées après chaque subtest, afin de créer un fil conducteur tout au long de la passation. Ces échelles permettaient de conclure sur le test afin de se préparer à une nouvelle épreuve. Elles permettaient également d'observer la réaction du sujet face aux épreuves et réadapter si l'intérêt était faible pour tous ou bien rassurer s'il pensait qu'il n'avait pas du tout réussi l'épreuve. Il était primordial d'être vigilant et attentif face au ressenti du sujet afin qu'il ne se dévalorise pas par la suite. Il fallait compter une heure trente à domicile, puisque la passation du protocole auprès de l'enfant durait un peu plus d'une heure. La passation dans l'école n'aurait donc pas été possible. Les cinquante-huit participants ont été rencontrés principalement entre février et mars 2018 ainsi qu'entre février et mars 2019.

2.4. Analyse statistique

L'analyse des données statistiques a été réalisée à l'aide du logiciel JASP. Dans cette étude, les échantillons sont indépendants. La taille de l'échantillon étant petite et la distribution des données ne suivant pas une loi normale, il est préférable d'utiliser un test non paramétrique. Le test de Mann-Whitney est intéressant pour cette démarche. L'objectif de ce test est d'établir une différence entre deux populations. Il n'y a qu'une seule condition, il est nécessaire que les deux échantillons soient indépendants. Ce test n'est pas réellement utilisé pour comparer des moyennes, mais pour observer la distribution stochastique. Les hypothèses seraient les suivantes : H_0 : « *Les populations sont stochastiquement identiquement réparties* » et H_1 : « *Une des populations est stochastiquement < à l'autre* ». Il faut alors prendre en compte la p-value (notée p). Si $p < 0,05$, nous rejetons H_0 et acceptons H_1 (avec un risque α de 5%) alors que si $p > 0,05$, cela signifie que nos données ne nous permettent pas de mettre en évidence une différence significative. En fonction de la valeur de p , l'expression de la significativité sera différente. Une p-value (p) inférieure à 0,01 indiquera une différence hautement significative, tandis qu'elle sera très hautement significative pour $p < 0,001$.

En complément de la valeur U (ou W) trouvée avec le test de Mann-Whitney, il faut regarder le r , correspondant au coefficient de corrélation bisérielle de point, à la place du Δ (delta) de Cliff. Pour calculer ce coefficient, il faut en réalité regarder le coefficient de corrélation de Spearman ρ (rho). Il exprime une dépendance

statistique entre deux variables, dans le cadre d'un test non-paramétrique. Pour cela, il faut recoder les fichiers de données, les deux modalités prennent les valeurs de 0 et 1 (e.g. groupe A devient 0 et groupe B devient 1). Dans le cadre des corrélations, il est important de faire un test « *Post Hoc* », c'est à dire à postériori. La correction de Bonferroni va permettre de corriger le seuil de significativité, en divisant 0,5 par le nombre de comparaisons à effectuer, afin de limiter les résultats aléatoires, pouvant être liés au hasard. Nous pouvons rejeter H_0 et accepter H_1 uniquement si p_{bonf} est significatif ($p_{\text{bonf}} < 0,05$) et si $p < p_{\text{bonf}}$.

Sur certaines analyses descriptives, le logiciel JASP considère qu'il y a des valeurs aberrantes. Pour chaque analyse, les valeurs aberrantes ont été enlevées pour comparer les deux possibilités. Cependant, cela ne produit pas de grand changement au niveau statistique. Compte-tenu du faible échantillonnage, il est préférable de garder ces valeurs considérées comme « *aberrantes* » puisqu'avec un échantillon plus grand, les valeurs des sujets seraient certainement plus dispersées (e.g. à dix-douze ans, un enfant n'a pas un empan mnésique fixé à 4 en mémoire de travail, certains pourraient être à 5 tandis que d'autres à 3).

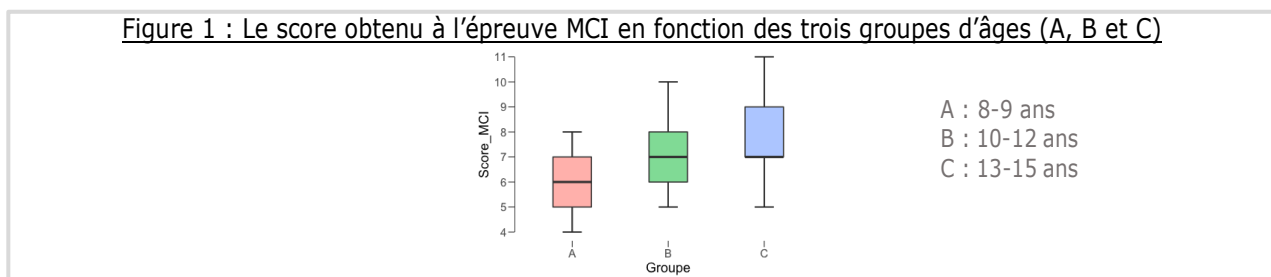
3. Résultats

3.1. Analyse des résultats obtenus aux épreuves des fonctions exécutives en fonction du groupe d'âge

Pour les épreuves évaluant les fonctions exécutives, nous avons analysé les scores et l'empan obtenus par les participants, à « *Mémoire des chiffres (ordre inverse)* » (MCI) évaluant la mémoire de travail. Mais aussi, le temps et le nombre d'erreurs pour le score d'interférence (Stroop), évaluant l'inhibition. Ainsi que le temps, le nombre de catégories et le nombre d'erreurs (NCST), évaluant la flexibilité. Ces scores ont été analysés par groupes d'âges (A, B et C) avec des analyses descriptives dans un premier temps. Puis une comparaison de groupes, deux par deux, a été réalisée avec un test *U* de Mann-Whitney (« *Test-T d'échantillons indépendants* ») et une corrélation de Spearman (ρ (rho)). Les tableaux reprenant les informations des participants, leurs scores aux différentes épreuves, les valeurs brutes des analyses ainsi que les valeurs des moyennes, écart-types et médianes se trouvent en annexes (cf. Annexes 5 à 9, VI-X).

3.1.1. Analyse des résultats à l'épreuve MCI en fonction du groupe d'âge

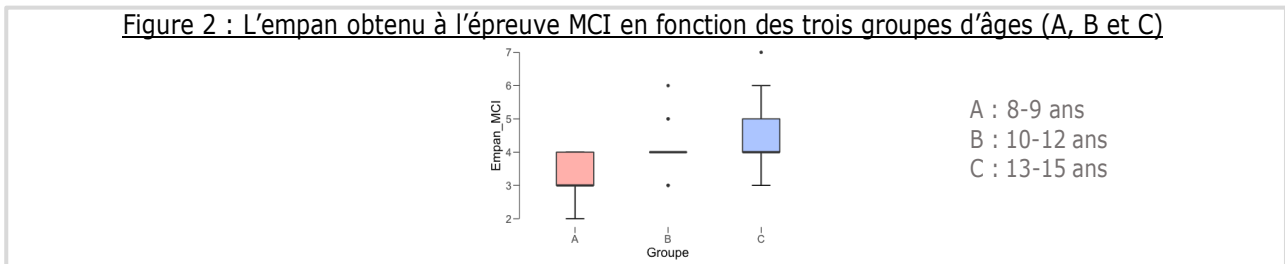
Cliniquement, la passation de cette épreuve peut laisser penser que les performances en mémoire de travail s'améliorent avec l'âge et donc que les scores et l'empan mnésique sont meilleurs à treize-quinze ans (groupe C) qu'à dix-douze ans (groupe B) et qu'à huit-neuf ans (groupe A). En regardant les boîtes à moustaches, la répartition de chaque groupe semble aller dans ce sens aussi (Figures 1 et 2).



En comparant statistiquement les groupes A et B, un test de Mann-Whitney a indiqué que les sujets du

groupe B (Mdn=7) présentaient des scores en mémoire des chiffres (ordre inverse) significativement supérieurs aux sujets du groupe A (Mdn=6), $U=81, p=0,007$. De la même manière, les sujets du groupe B (Mdn=4) présentaient un empan en mémoire de travail très hautement significativement supérieur aux sujets du groupe A (Mdn=3), $U=64,5, p<0,001$.

Figure 2 : L’empan obtenu à l’épreuve MCI en fonction des trois groupes d’âges (A, B et C)



De plus, la comparaison des groupes A et C a indiqué que les sujets du groupe C (Mdn=7) présentaient des scores en mémoire des chiffres (ordre inverse) très hautement significativement supérieurs aux sujets du groupe A (Mdn=6), $U=86, p<0,001$. De la même manière les sujets du groupe C (Mdn=4) présentaient un empan en mémoire de travail très hautement significativement supérieur aux sujets du groupe A (Mdn=3), $U=70,5, p<0,001$.

Cependant, en comparant les groupes B et C, nos données ne nous permettent pas de mettre en évidence une différence significative entre les scores des sujets du groupe B (Mdn=7) et ceux du groupe C (Mdn=7), $U=138, p=0,355$. Ni pour l’empan des sujets des groupes B (Mdn=4) et C (Mdn=4), $U=133, p=0,246$.

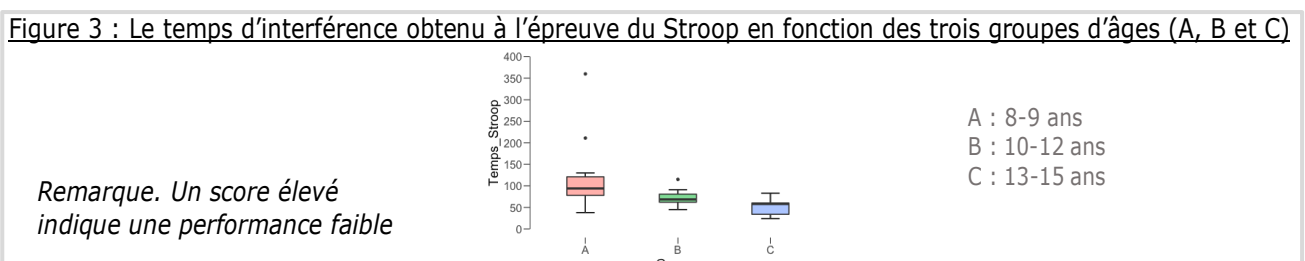
Pour conclure sur le score et l’empan obtenus à cette épreuve, nous pouvons dire que le groupe B (10-12 ans) comme le groupe C (13-15 ans) ont des scores et empan significativement supérieurs au groupe A (8-9 ans). Cependant, nos données ne nous permettent pas de mettre en évidence une différence significative entre les groupes B et C. Les capacités en mémoire de travail s’améliorent donc avec l’âge entre huit et onze ans, mais entre onze et quinze ans peu de différences sont observées.

Notons également que le score et l’empan MCI sont corrélés positivement dans chaque groupe d’âge, à savoir : groupe A, ρ (rho) de Spearman(21)=0,860, $p<0,001$; groupe B, ρ (rho) de Spearman(16)=0,787, $p<0,001$; groupe C, ρ (rho) de Spearman(21)=0,906, $p<0,001$.

3.1.2. Analyse du score d’interférence de l’épreuve Stroop en fonction du groupe d’âge

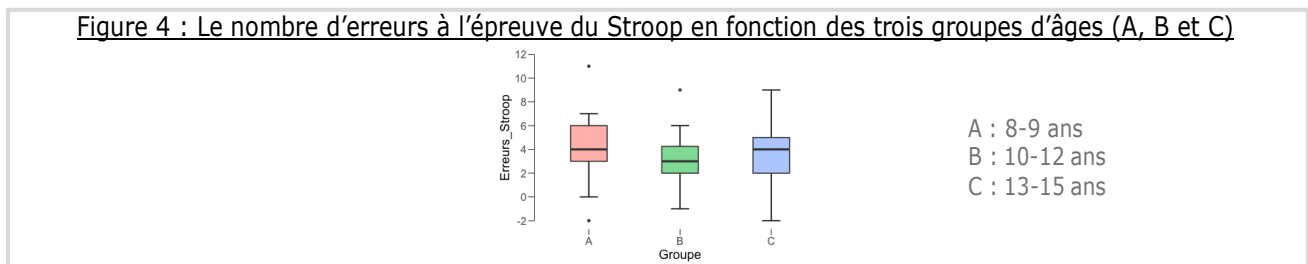
Cliniquement, la passation de cette épreuve laisse penser que les performances en inhibition s’améliorent avec l’âge. Le temps d’interférence semble plus court à treize-quinze ans (groupe C) qu’à dix-douze ans (groupe B). De plus, il semble plus court à dix-douze ans qu’à huit-neuf ans (groupe A). En regardant les boîtes à moustaches, la répartition de chaque groupe semble aller dans ce sens aussi (Figure 3).

Figure 3 : Le temps d’interférence obtenu à l’épreuve du Stroop en fonction des trois groupes d’âges (A, B et C)



Remarque. Un score élevé indique une performance faible

En ce qui concerne le nombre d'erreurs, il ne semble pas s'améliorer avec l'âge. Il y a des différences interindividuelles quel que soit l'âge (e.g. rapidité et peu d'erreurs ; rapidité et beaucoup d'erreurs ; lenteur et peu d'erreurs ; lenteur et beaucoup d'erreurs). En regardant les boîtes à moustaches, la répartition de chaque groupe ne semble pas montrer de grandes différences (Figure 4).



En comparant statistiquement les groupes A et B, un test de Mann-Whitney a indiqué que les sujets du groupe B (Mdn=69) présentaient un temps d'interférence au Stroop hautement significativement inférieur aux sujets du groupe A (Mdn=94), $U=261,50$, $p=0,004$. Cependant, pour le nombre d'erreurs, nos données ne nous permettent pas de mettre en évidence une différence significative entre les sujets des groupes A (Mdn=4) et B (Mdn=3), $U=198$, $p=0,361$.

En ce qui concerne les groupes B et C, un test de Mann-Whitney a indiqué que les sujets du groupe C (Mdn=58) présentaient un temps d'interférence au Stroop hautement significativement inférieur aux sujets du groupe B (Mdn=69), $U=275,5$, $p=0,001$. Néanmoins, nos données ne nous permettent pas de mettre en évidence une différence significative entre le nombre d'erreurs des sujets des groupes B (Mdn=3) et C (Mdn=4), $U=153,5$, $p=0,665$.

De plus, une comparaison des groupes A et C a indiqué que les sujets du groupe C (Mdn=58) présentaient un temps d'interférence au Stroop très hautement significativement inférieur aux sujets du groupe A (Mdn=94), $U=404,5$, $p<0,001$. Nos données ne nous permettent pas de mettre en évidence une différence significative entre le nombre d'erreurs des sujets des groupes A (Mdn=4) et C (Mdn=4), $U=240$, $p=0,629$.

Pour conclure sur le temps d'interférence pour cette épreuve, nous pouvons dire que le groupe C (13-15 ans) est hautement significativement plus rapide que groupe B (10-12 ans) et très hautement significativement plus rapide que le groupe A (8-9 ans). De plus, le groupe B est significativement plus rapide que le groupe A. Les performances d'inhibition s'améliorent donc avec l'âge jusqu'à quinze ans. Néanmoins, nos données ne nous ont pas permis de mettre en évidence une différence significative pour le nombre d'erreurs (score d'interférence). L'âge ne semble pas avoir d'effet sur le nombre d'erreurs.

Notons qu'aucune corrélation significative n'est observée entre le temps et le nombre d'erreurs.

3.1.3. Analyse des résultats à l'épreuve NCST en fonction du groupe d'âge

Cliniquement, la passation de cette épreuve laisse penser que les performances en flexibilité s'améliorent avec l'âge. Le temps semble plus court à treize-quinze ans (groupe C) qu'à dix-douze ans (groupe B). De plus, il semble plus court à dix-douze ans qu'à huit-neuf ans (groupe A). Le nombre de catégories, quant à lui, semble s'améliorer surtout entre l'enfance (huit-douze ans) et l'adolescence (treize-quinze ans). En regardant les boîtes à moustaches, la répartition de chaque groupe semble aller dans ce sens aussi (Figures 5 et 6).

Figure 5 : Le temps de réalisation de l'épreuve NCST en fonction des trois groupes d'âges (A, B et C)

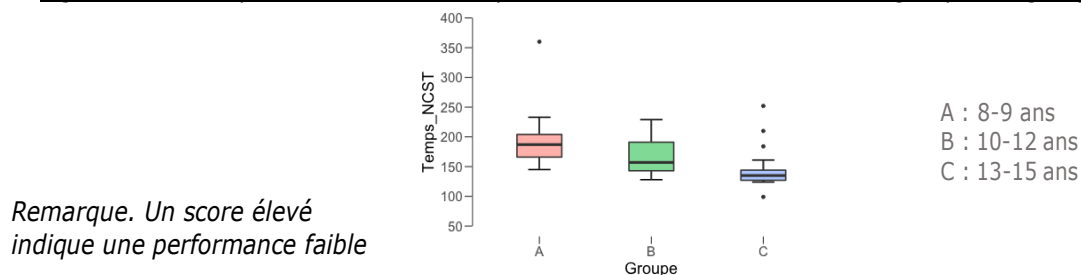
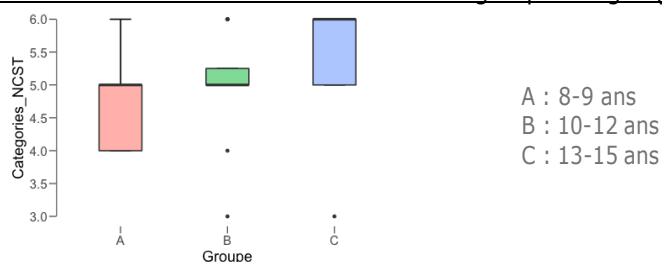
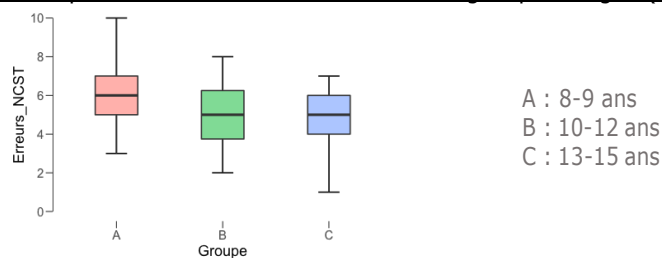


Figure 6 : Le nombre de catégories réussies au NCST en fonction des trois groupes d'âges (A, B et C)



Néanmoins, le nombre d'erreurs (persévérations, abandons prématurés de règles, erreurs autres) ne semble pas s'améliorer avec l'âge. Il y a des différences interindividuelles peu importe l'âge (e.g. rapidité et peu d'erreurs ; rapidité et beaucoup d'erreurs ; lenteur et peu d'erreurs, lenteur et beaucoup d'erreurs). En regardant les boîtes à moustaches, la répartition des groupes ne semble pas montrer de grandes différences (Figure 7).

Figure 7 : Le nombre d'erreurs dans l'épreuve NCST en fonction des trois groupes d'âges (A, B et C)



En comparant statistiquement les groupes A et B, nos données ne nous permettent pas de mettre en évidence une différence significative entre le temps mis par les sujets des groupes A (Mdn=187) et B (Mdn=157), $U=224,5$, $p=0,086$. Ni pour le nombre de catégories, groupes A (Mdn=5) et B (Mdn=5), $U=131$, $p=0,222$ ou le nombre d'erreurs, groupes A (Mdn=6) et B (Mdn=5), $U=219,5$, $p=0,113$.

Pour les groupes B et C, un test de Mann-Whitney a indiqué que les sujets du groupe C (Mdn=135) présentaient un temps significativement inférieur aux sujets du groupe B (Mdn=157), $U=245,5$, $p=0,018$. De plus, les sujets du groupe C (Mdn=6) obtenaient un nombre de catégories significativement supérieur aux sujets du groupe B (Mdn=5), $U=104,5$, $p=0,031$. Mais, pour le nombre d'erreurs, nos données ne nous permettent pas de mettre en évidence une différence significative entre les groupes B (Mdn=5) et C (Mdn=5), $U=186,5$, $p=0,575$.

Concernant les groupes A et C, un test de Mann-Whitney a indiqué que les sujets du groupe C (Mdn=135) présentaient un temps très hautement significativement inférieur aux sujets du groupe A (Mdn=187), $U=388$, $p<0,001$. De plus, les sujets du groupe C (Mdn=6) obtenaient un nombre de catégories hautement significativement supérieur aux sujets du groupe A (Mdn=5), $U=106,5$, $p=0,002$. Le nombre d'erreurs dans le groupe C (Mdn=5) est significativement inférieur à celui des sujets du groupe A (Mdn=6), $U=314$, $p=0,018$.

Pour conclure sur le temps nécessaire pour cette épreuve, le nombre de catégories et le nombre d'erreurs, le groupe C (13-15 ans) est significativement plus rapide et plus performant que le groupe A (8-9 ans). De la même manière, le groupe C (13-15 ans) est significativement plus rapide et plus performant que le groupe B (10-12 ans). Cependant, nos données ne nous ont pas permis de mettre en évidence une différence significative entre les groupes A et B. Les performances en flexibilité semblent s'améliorer sur du long terme, mais la différence dans les résultats à court terme est peu observable.

Notons également que sur l'ensemble des données, des corrélations négatives sont observées entre le temps et le nombre de catégories, ρ (rho) de Spearman(58)=-0,561, $p<0,001$. De plus, le temps et le nombre d'erreurs sont corrélés positivement, ρ (rho) de Spearman(58)=0,299, $p=0,023$.

Pour les fonctions exécutives, l'âge a une influence sur la mémoire de travail (score et empan), entre huit-neuf ans et dix-douze ans ainsi qu'entre huit-neuf ans et treize-quinze ans, sur l'inhibition (temps d'interférence), aux trois groupes d'âges donnés, ainsi que sur la flexibilité (temps, nombre de catégories et nombre d'erreurs). En effet, l'âge a une influence sur le temps entre huit-neuf et treize-quinze, ainsi qu'entre dix-douze et treize-quinze, sur le nombre de catégorie pour ces mêmes groupes d'âge, ainsi que sur le nombre d'erreurs entre huit-neuf ans et treize-quinze ans (Figures 8 et 9).

Figure 8 : Moyennes des temps de réalisation des deux épreuves (score d'interférence au Stroop et NCST) en fonction des trois groupes d'âges (A, B et C)

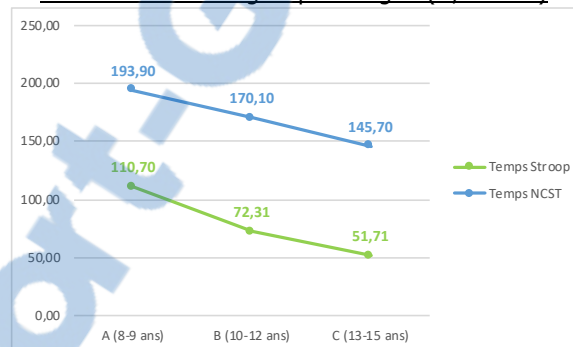
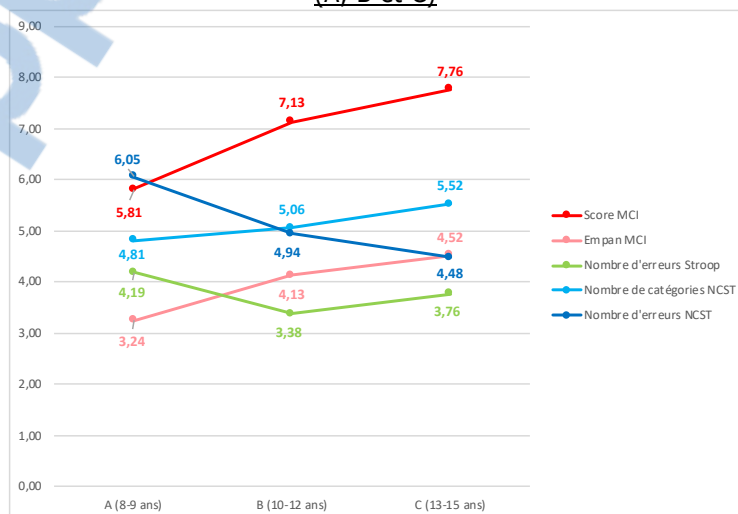


Figure 9 : Moyennes des données relatives aux fonctions exécutives en fonction des trois groupes d'âges (A, B et C)



De plus, il est important de noter que sur l'ensemble des données, les temps (score d'interférence au Stroop et NCST) sont corrélés positivement, ρ (rho) de Spearman(58)=0,299, $p=0,023$.

3.2. Analyse des résultats obtenus aux épreuves de théorie de l'esprit en fonction du groupe d'âge

Pour les épreuves évaluant la théorie de l'esprit, nous avons analysé les scores, aux questions de compréhensions et questions cibles, obtenus par les participants à l'épreuve Advanced TOM. Mais aussi les scores de justifications cognitifs et de justifications affectifs, ainsi que les scores globaux pour les Faux-Pas. Ces scores ont été analysés par groupes d'âges (A, B et C) avec des analyses descriptives dans un premier temps. Puis une comparaison de groupes, deux à deux, a été réalisée avec un test *U* de Mann-Whitney (« *Test-T d'échantillons indépendants* ») et une corrélation de Spearman (ρ (rho)).

3.2.1. Analyse des scores à l'épreuve Advanced TOM en fonction du groupe d'âge

Cliniquement, la passation de cette épreuve laisse penser que les performances aux questions de compréhension sont similaires sur ces tranches d'âge. Cependant, des différences entre les groupes sont repérées pour les réponses aux questions cibles et les performances semblent s'améliorer avec l'âge. En regardant les boîtes à moustaches, la répartition de chaque groupe semble aller dans ce sens aussi (Figures 10 et 11).

Figure 10 : Le score aux questions de compréhension de l'épreuve Advanced TOM en fonction des trois groupes d'âges (A, B et C)

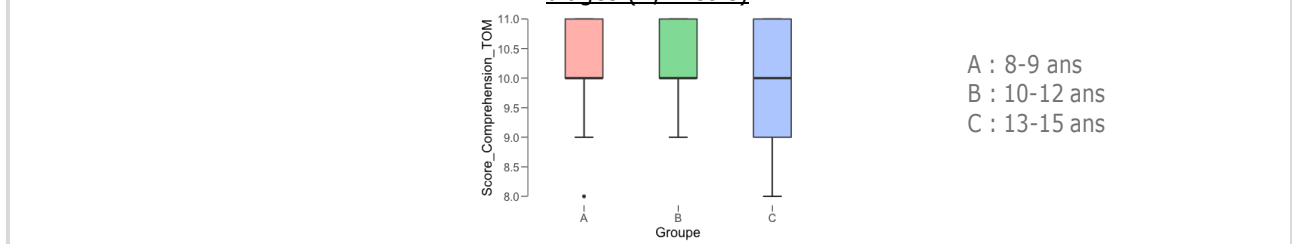
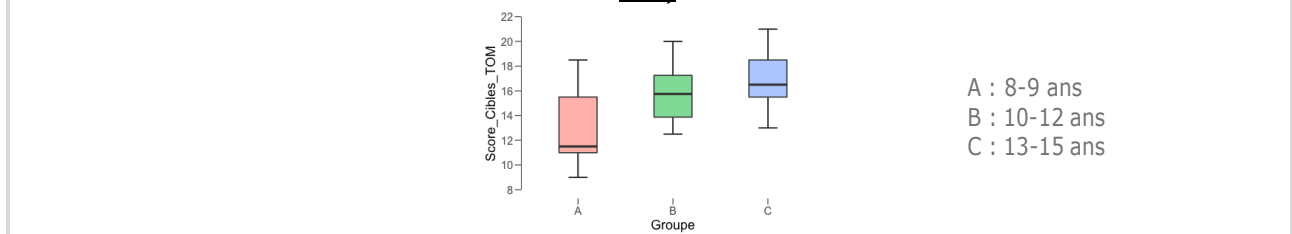


Figure 11 : Le score aux questions cibles de l'épreuve Advanced TOM en fonction des trois groupes d'âges (A, B et C)



En ce qui concerne les groupes A et B, un test de Mann-Whitney a indiqué que les sujets du groupe B (Mdn=16) présentaient un score cible hautement significativement supérieur aux sujets du groupe A (Mdn=12), $U=64,5$, $p=0,002$. Cependant, pour le score de compréhension, nos données ne nous permettent pas de mettre en évidence une différence significative entre les groupes A (Mdn=10) et B (Mdn=10), $U=146$, $p=0,469$.

Pour les groupes B et C, nos données ne nous permettent pas de mettre en évidence une différence significative pour le score de compréhension obtenu par les sujets des groupes B (Mdn=10) et C (Mdn=10), $U=178$, $p=0,755$, ni pour le score cible, B (Mdn=16) et C (Mdn=17), $U=123$, $p=0,171$.

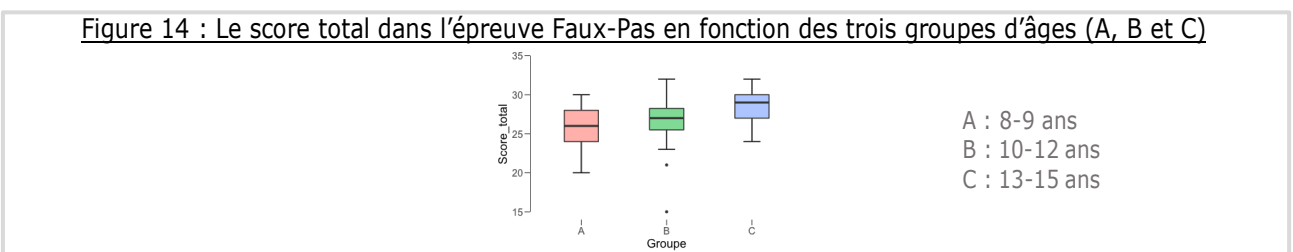
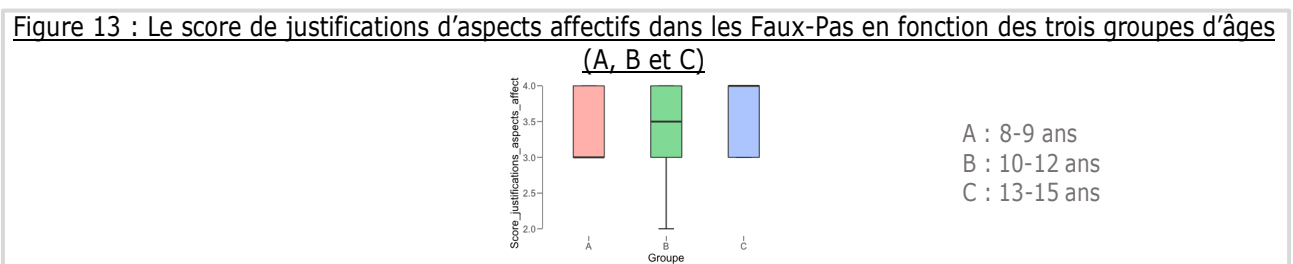
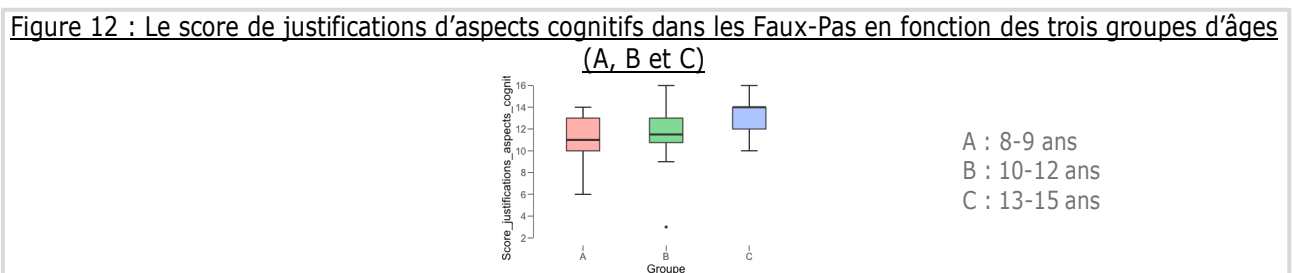
Concernant les groupes A et C, un test de Mann-Whitney a indiqué que les sujets du groupe C (Mdn=17) présentaient un score cible très hautement significativement supérieur aux sujets du groupe A (Mdn=12), $U=63$, $p<0,001$. Cependant, pour le score de compréhension, nos données ne nous permettent pas de mettre en évidence une différence significative entre les groupes A (Mdn=10) et C (Mdn=10), $U=206$, $p=0,708$.

Pour conclure sur le score de compréhension à l'Advanced TOM, nos données ne nous ont pas permis de mettre en évidence une différence significative entre les groupes. Néanmoins, sur le score cible, le groupe C (13-15 ans) ainsi que le groupe B (10-12 ans) sont significativement plus performants que le groupe A (8-9 ans).

Notons également que sur l'ensemble des données ces scores (compréhension et cibles) sont corrélés positivement, ρ (rho) de Spearman(58)=0,486, $p < 0,001$.

3.2.2. Analyse des résultats à l'épreuve Faux-Pas en fonction du groupe d'âge

Cliniquement, la passation de cette épreuve laisse penser que les performances de manière générale et de justifications d'aspects cognitifs des faux-pas s'améliorent avec l'âge. Alors que pour les aspects affectifs, aucune différence n'est observée. En regardant les boîtes à moustaches, la répartition de chaque groupe semble aller dans ce sens aussi (Figures 12, 13 et 14).



De plus, les sujets du groupe B (10-12 ans) et C (13-15 ans) sont très réactifs pour détecter le faux-pas dans l'histoire (e.g. rires, commentaires [« Oh la boulette ! », « Oh ça s'est fait pas », « La pauvre », « C'est pas gentil ça », etc.]). Il y a de nombreuses expressions faciales émotionnelles à la fin qui nous permettent directement d'observer qu'ils ont compris le faux-pas avant même de répondre aux questions (e.g. étonnement, gêne, mettent la main devant la bouche pour montrer qu'ils sont surpris par les propos du personnage, etc.)). Les participants du groupe B font également de nombreux liens avec leur quotidien, leurs proches et se détachent de l'histoire. Il y a donc un grand nombre d'intrusions (e.g. « Dans ma classe, Simon il donne des chatons aussi », « Ma tante aussi elle s'appelle Carole », « Nous aussi on voulait aller dans un parc d'attraction pendant les vacances mais il faisait pas beau donc on a annulé », « C'est trop bon les meringues, on en avait fait à Noël », etc.). Ces intrusions ne sont pas retrouvées dans le groupe C, peut être que cela se justifie par le fait que les enfants gagnent en maturité et arrivent à rester concentrés dans le travail qui leur est demandé.

En comparant les groupes A et B, nos données ne nous permettent pas de mettre en évidence une différence significative pour le score de justifications d'aspects cognitifs entre les sujets des groupes A (Mdn=11) et B (Mdn=12), $U=138,5$, $p=0,368$. Il n'y pas de différence pour les aspects affectifs entre les groupes A (Mdn=3) et B (Mdn=3,5), $U=162$, $p=0,847$. Ainsi que pour le score global, groupes A (Mdn=26) et B (Mdn=27), $U=132,5$, $p=0,280$.

En ce qui concerne les groupes B et C, un test de Mann-Whitney a indiqué que les sujets du groupe C (Mdn=13) obtenaient un score de justifications d'aspects cognitifs significativement supérieur aux sujets du groupe B (Mdn=12), $U=89,5$, $p=0,015$. De plus, les sujets C (Mdn=29) ont un score global significativement supérieur aux sujets du groupe B (Mdn=27), $U=90$, $p=0,017$. Néanmoins, nos données ne nous permettent pas de mettre en évidence une différence significative pour les justifications d'aspects affectifs, groupes B (Mdn=3,5) et C (Mdn=4), $U=144$, $p=0,406$.

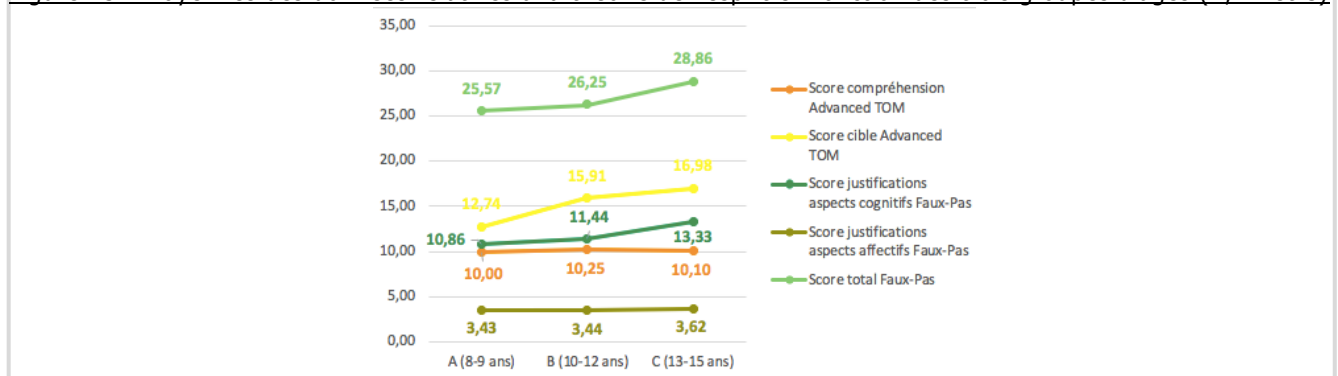
Dans les comparaisons des groupes A et C, un test de Mann-Whitney a indiqué que les sujets du groupe C (Mdn=13) obtenaient un score de justifications d'aspects cognitifs très hautement significativement supérieur aux sujets du groupe A (Mdn=11), $U=81$, $p<0,001$. De plus, les sujets du groupe C (Mdn=29) obtenaient un score global très hautement significativement supérieur aux sujets du groupe A (Mdn=26), $U=76$, $p<0,001$. Cependant, nos données ne nous permettent pas de mettre en évidence une différence significative pour les justifications d'aspects affectifs, groupes A (Mdn=3) et C (Mdn=4), $U=178,5$, $p=0,228$.

Pour conclure sur cette épreuve, le score de justifications d'aspects cognitifs et le score global nous indiquent que le groupe C (13-15 ans) est plus performant que les groupes B (10-12 ans) et A (8-9 ans). Cependant, nos données ne nous ont pas permis de mettre en évidence une différence significative entre les groupes A et B, ni entre les trois groupes pour les aspects affectifs.

Notons également que sur l'ensemble des données les scores sont corrélés positivement, à savoir : scores de justifications des aspects cognitifs et affectifs, ρ (rho) de Spearman(58)=0,408, $p<0,001$; score de justifications des aspects cognitifs et score total, ρ (rho) de Spearman(58)=0,967, $p<0,001$; score de justifications des aspects affectifs et score total, ρ (rho) de Spearman(58)=0,550, $p<0,001$.

Pour la théorie de l'esprit, l'âge a une influence sur les performances en théorie de l'esprit cognitive. Cependant, nos subtests ne nous ont pas permis de mettre en évidence des différences entre les performances aux tâches de théorie de l'esprit affective (Figure 15).

Figure 15 : Moyennes des données relatives à la théorie de l'esprit en fonction des trois groupes d'âges (A, B et C)



3.3. Corrélations entre les résultats obtenus aux épreuves de fonctions exécutives et de théorie de l'esprit

Des corrélations de Spearman (ρ (rho)) ont été réalisées pour comparer les résultats obtenus aux épreuves de fonctions exécutives et de théorie de l'esprit (cf. Annexes 10 à 13, XI-XIV). Nous nous intéressons aux corrélations significatives pour chacun des groupes (cf. Annexe 14, XV-XVI).

Tableau 1 : Corrélations significatives entre les fonctions exécutives et la théorie de l'esprit

| | | Mémoire de travail | | Inhibition | | Flexibilité | | |
|---------------------|-------------------------|--------------------|-----------|--------------|----------------|-------------|-----------------|--------------|
| | | Score MCI | Empan MCI | Temps Stroop | Erreurs Stroop | Temps NCST | Catégories NCST | Erreurs NCST |
| Théorie de l'esprit | Score Compréhension TOM | 0,294 | 0,360 | -0,278 | | | | |
| | Score Cible TOM | 0,545 | 0,611 | -0,489 | | -0,449 | 0,372 | |
| | SJA cognitifs | 0,334 | 0,431 | -0,392 | | -0,424 | | |
| | SJA affectifs | | | | | | 0,280 | |
| | Score total | 0,323 | 0,420 | -0,427 | | -0,446 | 0,279 | |

Remarques. *Épreuves évaluant les fonctions exécutives. Épreuves évaluant la théorie de l'esprit.*

SJA = Score de Justifications des Aspects. Les données du tableau correspondent au ρ (rho) de Spearman.

$P < 0,05$: significatif ; $p < 0,01$: hautement significatif ; $p < 0,001$: très hautement significatif

De manière générale, au regard du Tableau 2, nous observons des corrélations significatives entre les fonctions exécutives et la théorie de l'esprit. Nous observons que la mémoire de travail est corrélée positivement à la théorie de l'esprit. Ce sont les performances aux épreuves MCI (score/empan), TOM (score compréhension/cible) et Faux-Pas (score de justifications des aspects cognitifs/score total) qui permettent de l'apprécier. L'inhibition est corrélée négativement à la théorie de l'esprit, puisque ce sont les performances au Stroop, au niveau du temps qui sont significatives. Cela signifie que plus le temps diminue (donc l'enfant est rapide), plus le score aux épreuves de théorie de l'esprit augmente. De plus, la flexibilité est corrélée à la théorie de l'esprit (négativement, lorsque le temps est pris en compte et positivement pour le nombre de catégories).

En nous intéressant à chaque groupe d'âge en particulier, entre huit et neuf ans, la flexibilité est corrélée significativement à la théorie de l'esprit, à savoir : temps NCST et SJA cognitifs, ρ (rho) de Spearman(21)=-0,515, $p=0,017$; temps NCST et score total, ρ (rho) de Spearman(21)=-0,567, $p=0,007$; catégories et score compréhension TOM, ρ (rho) de Spearman(21)=0,514, $p=0,017$; erreurs NCST et SJA cognitifs, ρ (rho) de Spearman(21)=-0,495, $p=0,023$; erreurs et score total, ρ (rho) de Spearman(21)=-0,459, $p=0,036$.

Entre dix et douze ans, nos données ne nous permettent pas de mettre en évidence une corrélation significative entre les résultats aux tâches exécutives et de théorie de l'esprit.

Dans le groupe C, entre treize et quinze ans, la mémoire de travail est corrélée positivement à la théorie de l'esprit, à savoir : score MCI et score cible TOM, ρ (rho) de Spearman(21)=0,599, $p=0,004$; empan MCI et score cible TOM, ρ (rho) de Spearman(21)=0,618, $p=0,003$.

Pour conclure sur la comparaison des données générales, la mémoire de travail est corrélée à la théorie de l'esprit, tout comme l'inhibition et la flexibilité. Les fonctions exécutives et la théorie de l'esprit sont bien corrélées pendant l'enfance et l'adolescence. Il existe donc des liens dans le développement de ces capacités. Néanmoins, une corrélation ne signifie pas forcément causalité. Nous ne pouvons pas prouver que l'une a un impact sur le développement de l'autre.

4. Discussion

L'objectif principal de cette recherche était d'étudier le développement des fonctions exécutives (mémoire de travail, inhibition, flexibilité) et de la théorie de l'esprit (cognitive et affective) chez l'enfant d'âge scolaire et l'adolescent tout-venant (huit-neuf ans, dix-douze ans, treize-quinze ans).

4.1. Hypothèse 1

Nos résultats mettent en évidence une amélioration des performances en mémoire de travail (score et empan), avec l'âge, sur du long terme (entre huit et quinze ans), mais très peu entre dix et quinze ans. Ce qui ne va pas complètement dans le sens des données de la littérature (Huizinga, 2006 ; Lussier, 2017 ; Mazeau & Pouhet, 2014). Étonnamment, il n'y a que très peu de différences entre dix-douze et treize-quinze ans aux épreuves, alors qu'il y en a beaucoup plus entre huit-neuf et dix-douze ans. L'amélioration du temps d'interférence, évaluant les capacités d'inhibition, est significative entre chaque tranche d'âge. Le contrôle cognitif semble donc plus coûteux pour les enfants de huit-neuf ans que les adolescents de treize-quinze ans. Alors que dans ce type de tâche, nous pourrions nous attendre à ce que les lecteurs experts soient plus en difficultés pour inhiber la lecture et donc plus lents. Ces résultats ne suivent donc pas tout à fait les données de la littérature (Huizinga et al., 2006). Le nombre d'erreurs n'est pas spécifiquement lié à l'âge (différences interindividuelles quel que soit l'âge). La flexibilité est la troisième fonction exécutive. Les résultats montrent une différence significative pour le temps et le nombre de catégories entre huit-neuf ans et treize-quinze ans, ainsi qu'entre dix-douze ans et treize-quinze ans. Néanmoins, il n'y a pas de différence significative entre huit-neuf ans et dix-douze ans. En ce qui concerne le nombre d'erreurs, les plus âgés (treize-quinze ans) ont fait significativement moins d'erreurs que les plus jeunes (huit-neuf ans). Les données attendues (Fourneret & Des Portes, 2017 ; Huizinga et al., 2006) étaient principalement d'avoir un développement progressif, donc des différences entre chaque tranche d'âges, ce qui est principalement retrouvé, peu importe la tâche exécutive. Cependant, nous nous attendions à un développement plus linéaire.

4.2. Hypothèse 2

Nos résultats mettent en évidence une amélioration des performances en théorie de l'esprit cognitive, notamment avec les résultats aux questions cibles (TOM), dont la grille a été créée, entre huit-neuf ans et dix-douze ans, ainsi qu'entre huit-neuf ans et treize-quinze ans. Les plus âgés peuvent davantage expliquer et argumenter les bons états mentaux d'autrui. Notons, qu'il n'y a pas de différence significative entre dix-douze ans et treize-quinze ans. Ce qui ne va pas complètement dans le sens des données de la littérature (Moor et al., 2012 ; Sebastian et al., 2012 ; Vetter et al., 2014 ; Wang et al., 2006). Des différences, au niveau du score global, sont observées entre les participants de huit et quinze ans. Ce qui signifie qu'elles se sont bien développées entre huit et quinze ans dans un aspect « *progressif* » (Baron-Cohen, 2001 ; Nader-Grosbois & Thirion-Marissiaux, 2011 ; Richard et al., 2006 ; Vetter et al., 2013). Néanmoins, le choix des épreuves est important dans un protocole, puisqu'aucune courbe développementale significative n'a pu être tracée pour le score de compréhension et le score de justification des aspects affectifs. Ces subtests ne sont pas assez sensibles compte-tenu de la cotation choisie et du faible nombre d'items.

4.3. Hypothèse 3

En regardant tous les groupes, nos données mettent en évidence des corrélations significatives entre les fonctions exécutives (mémoire de travail, inhibition, flexibilité) et la théorie de l'esprit. Il existe donc des liens dans le développement de ces capacités. Ces résultats vont dans le sens des données de la littérature (Anderson et al., 2008 ; Carlson et al., 2004 ; Dennis, 2006 ; Diamond, 2013 ; Roy, 2015). Notons tout de même qu'en regardant chacun des groupes séparément, seule une corrélation entre la flexibilité et la théorie de l'esprit a pu être observée à huit-neuf ans. Pour les participants de treize à quinze ans, ce sont des corrélations significatives entre la mémoire de travail et la théorie de l'esprit qui sont remarquées. Ces données vont dans le sens de la littérature (Anderson et al., 2008). Des corrélations sont observées, mais une corrélation ne signifie pas causalité. Nos résultats ne vont pas dans le sens d'une dépendance de l'une par rapport à l'autre, il nous est impossible de confirmer que la théorie de l'esprit dépendrait du développement exécutif (Devine & Hughes, 2014 ; Duval et al., 2011 ; Hughes, 1998). Notons également que les fonctions exécutives et la théorie de l'esprit ont en commun d'être distinguées, pour chacune, en deux versants, l'un cognitif (« froid »), l'autre affectif (« chaud ») et leur localisation cérébrale est similaire. Il pourrait donc y avoir des chevauchements entre ces deux concepts qui compliqueraient l'étude du développement de ces deux habiletés de haut niveau. Ces chevauchements peuvent concerner notamment les fonctions exécutives chaudes et la théorie de l'esprit chaude (affective) ainsi que les fonctions exécutives froides et la théorie de l'esprit froide (cognitive).

4.4. Limites de l'étude

Cette étude comporte certaines limites. La première limite de l'étude concerne la population étudiée. Nous trouvons pertinent d'avoir une répartition homogène dans les groupes, avec un écart d'âge d'un an maximum. Cependant, lors du recrutement, des jeunes aux âges variés ont répondu favorablement. Il semblait plus pertinent d'intégrer tous les participants dans les groupes d'âges afin d'avoir plus de participants, donc moins de valeurs aberrantes et des données plus sensibles. En sachant que les groupes constitués allaient davantage dans le sens de la littérature et avaient plus de cohérence, avec le cadre théorique, que les groupes préalablement établis. Les groupes ont donc été constitués ainsi : huit-neuf, dix-douze et treize-quinze ans. En ce qui concerne le recrutement, deux procédures ont été mises en place. Un recrutement par le biais d'écoles et un par le biais d'un Accueil de Loisirs. Il s'avère que les enfants recrutés dans les écoles avaient davantage de bons résultats scolaires en moyenne, alors que les niveaux scolaires étaient beaucoup plus diversifiés chez les enfants recrutés en Accueil de Loisirs. Les jeunes présentant des difficultés à l'école peuvent avoir davantage d'appréhension pour des exercices cognitifs et pour les résultats, s'ils sont présentés dans le cadre scolaire. Il est important d'avoir ces informations en tête pour de prochaines études, puisqu'il peut y avoir un biais dans les résultats si les profils ne sont pas assez hétérogènes. Notons également que la passation se déroulait au domicile, ce qui peut paraître assez intrusif et expliquer que certains parents n'aient pas accepté de répondre favorablement à l'étude. Dans ce type de recherche, il serait nécessaire d'avoir une centaine de participants dans chaque tranche d'âge afin que cette étude soit valide. Compte-tenu du faible échantillonnage, des valeurs aberrantes apparaissaient sur le logiciel JASP alors qu'elles ne l'étaient pas forcément. En ayant un plus grand groupe, les résultats seraient probablement plus hétérogènes.

Une deuxième limite peut être évoquée quant aux performances. En effet, les performances ne sont pas représentatives des capacités cognitives dans les tests. Les capacités cognitives ne peuvent être mesurées puisque « *le fonctionnement cognitif n'est pas une grandeur mais un processus* » (Vautier, 2015, p.11). Un enfant peut avoir des performances jugées faibles à une épreuve, mais avoir des performances jugées élevées dans une autre, pour une même capacité cognitive, cela peut dépendre du matériel utilisé, des conditions de passations ou autres. Il est important d'avoir plusieurs épreuves pour une capacité cognitive, mais aussi d'être vigilant quant à l'interprétation des résultats.

La troisième limite concerne le matériel. De manière générale, le protocole comporte essentiellement du matériel verbal et cela peut représenter un biais dans les résultats aux épreuves. Il faudrait davantage diversifier avec du matériel verbal certes, mais également auditif, auditivo-verbal, de la manipulation d'objets et autres. De plus, dans le protocole TOM (Lancelot et al., en préparation), les normes ne sont pas encore terminées en ce qui concerne les données qualitatives, c'est donc pour cela qu'une grille de cotation a été créée. A partir de données qualitatives, il fallait pouvoir établir un système de cotation pour obtenir des données quantitatives interprétables au niveau statistique. La grille a reçu une correction et une réadaptation. Une double cotation a été faite pour tous les protocoles par les deux mêmes correcteurs, afin que la cotation soit la plus objective possible pour ce projet. Néanmoins, même en étant précis au moment de créer la grille, il faut avoir conscience que d'un examinateur à l'autre, la cotation peut varier et l'analyse qualitative reste assez subjective. Il serait donc intéressant d'approfondir cette grille, avec des cotations d'un plus grand nombre de correcteurs, pour limiter les biais, la normaliser et pallier à certaines subtilités. Notons également que deux histoires semblent problématiques au vu de toutes les passations réalisées. Une histoire contrôle constitue un biais pour évaluer la compréhension puisque pour répondre à la question il faut savoir que les meringues se font avec des blancs d'œufs. Alors que la majorité des participants rencontrés, ayant entre huit et quinze ans, ne savaient pas comment faire des meringues. Une autre histoire concernait la métaphore, « *il va tomber des cordes* ». Les enfants utilisent souvent cette expression (ou entendent les adultes l'utiliser), ils ne voyaient donc pas forcément l'intérêt d'analyser cette phrase, ce qui les a induit en erreurs dans leurs réponses. Dans l'épreuve des Faux-Pas, une histoire concerne Paul qui déteste l'école. Cette histoire n'était pas créée pour comporter un faux-pas, cependant tous les participants ont répondu qu'il y en avait un. Les scores peuvent donc être plus faibles que prévu sur le « *score total* ». De plus, le score de justifications d'aspects affectifs n'est que sur quatre points, il semble donc difficile d'observer des différences significatives. Ces outils sont tout de même très intéressants et bien construits pour évaluer le concept de théorie de l'esprit ainsi qu'assez calmes et ludiques pour terminer la passation. Il est donc nécessaire d'utiliser les données quantitatives et qualitatives afin de fournir des analyses plus fondées.

Apperly, Samson et Humphreys (2009) considèrent que les grandes variations dans les modèles développementaux proposés pourraient s'expliquer en grande partie par la méthodologie. De plus, l'utilisation d'une épreuve plutôt qu'une autre peut avoir de grandes conséquences sur les conclusions finales. Si nous faisons varier certains paramètres méthodologiques, il est possible que les résultats et analyses obtenus soient bien différents de ceux observés dans cette étude. Il est donc préférable de considérer les conclusions avec précaution.

Conclusion et perspectives

Cette étude avait pour objectif d'étudier le développement des fonctions exécutives (mémoire de travail, inhibition, flexibilité) et de la théorie de l'esprit (cognitive et affective) chez l'enfant d'âge scolaire et l'adolescent tout-venant, entre huit et quinze ans.

Les résultats obtenus permettent d'observer que le développement des fonctions exécutives et le développement de la théorie de l'esprit sont bien observables pendant l'enfance et l'adolescence. Avec des différences bien marquées entre huit-neuf et dix-douze ans, entre huit-neuf et treize-quinze ans, ainsi qu'entre dix-douze et treize-quinze ans. Néanmoins, les différences sont plus significatives entre huit-neuf et dix-douze ans, ainsi qu'entre huit-neuf et treize-quinze ans. Le développement est donc progressif, mais pas tout à fait linéaire comme pouvait l'indiquer les données de la littérature. De plus, des liens existent entre les fonctions exécutives et la théorie de l'esprit. Il y a des liens entre la théorie de l'esprit et chacune des fonctions exécutives suivantes : la mémoire de travail, l'inhibition et la flexibilité. Il serait donc intéressant de travailler avec des groupes plus importants ainsi qu'avec plusieurs épreuves par fonction, en utilisant du matériel diversifié, afin d'identifier plus spécifiquement tous ces liens.

Cette contribution est assez modeste pour la recherche, mais elle permet de comprendre le développement actuel de ces capacités et les liens qui peuvent être faits. Il semble intéressant de poursuivre une étude comme celle-ci en incluant de nouvelles épreuves, en recrutant davantage de participants, pour compléter les résultats obtenus. De plus, les résultats des questionnaires BRIEF (*Behavior Rating Inventory of Executive Function*) pourraient être analysés et interprétés pour avoir des informations quant à la régulation comportementale. Ces questionnaires, en hétéroévaluation, à remplir par les parents, pourraient nous donner des informations pertinentes, non pas en termes de performance, mais en termes de plaintes au domicile sur la régulation comportementale de l'enfant. Cela nous apporterait certainement de nouvelles données pour observer le développement des fonctions exécutives et de la théorie de l'esprit chez l'enfant d'âge scolaire et l'adolescent.

Références

- Ackerman, B. (1981). Young children's understanding of a speaker's intentional use of a false utterance. *Developmental Psychology, 31*, 472-480. doi: 10.1037/0012-1649.17.4.472
- Ackerly, S.S. (1964). A case of paranasal bilateral frontal lobe defect observed for thirty years. In J.M. Warren & K. Akert (Eds.), *The frontal granular cortex and behavior* (pp.192-218). New-York: McGraw-Hill.
- Allain, P., & Le Gall, D. (2008). Approche théorique des fonctions exécutives. Dans O. Godefroy & le GREFEX (Eds.), *Fonctions exécutives et pathologies neurologiques et psychiatriques : évaluation en pratique clinique* (pp. 9-42). Marseille : Solal.
- Anderson, V., & Jacobs, R. (2004). Interruptions du développement normal chez victimes de lésions aux lobes frontaux. Dans P. Nolin & J.P. Laurent (Eds.), *Neuropsychologie : Cognition et développement de l'enfant* (pp. 163-192). Sainte-Foy : Presses de l'Université du Québec.
- Anderson, V., Jacobs, R., & Anderson, P.J. (2008). *Executive functions and the frontal lobes: A lifespan perspective*. New-York: Taylor & Francis Group.
- Apperly, I.A., Samson, D., & Humphreys, G.W. (2009). Studies of adults can inform accounts of theory of mind development. *Developmental Psychology, 45*, 190-201. doi: 10.1037/a0014098
- Baciu, M. (2011). *Bases de neurosciences*. Bruxelles : De Boeck.
- Baddeley, A.D. (1986). *Working memory*. Oxford: Oxford University Press.
- Baddeley, A.D. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences, 4*(11), 417-423. doi: 10.1016/S1364-6613(00)01538-2
- Baron-Cohen, S., Leslie, A.M., & Frith, U. (1985). Does the autistic child have a « theory of mind »? *Cognition, 21*, 37-46. doi: 10.1016/0010-0277(85)90022-8
- Baron-Cohen, S., Spitz, A., & Cross, P. (1993). Do children with autism recognize surprise? A research note. *Cognition and Emotion, 7*, 507-516. doi: 10.1080/02699939308409202
- Baron-Cohen, S., O'Riordan, M., Stone, V., Jones, R., & Plaisted, K. (1999). Recognition of faux pas by normally developing children and children with Asperger syndrome or high-functioning autism. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 38*, 813-822. doi: 10.1023/A:1023035012436
- Baron-Cohen, S. (2001). Theory of mind and autism: A review. *International Review of research in Mental Retardation, 23*, 169-184. doi: 10.1016/S0074-7750(00)80010-5
- Bechara, A. (2002). The neurology of social cognition. *Brain, 125*, 1673-1675. doi: 10.1093/brain/awf169
- Becker, M.G., Isaac, W., & Hynd, G.W. (1987). Neuropsychological development of nonverbal behaviors attributed to 'Frontal Lobe' functioning. *Developmental Neuropsychology, 3*, 275-298. doi: 10.1080/875656487095540381
- Bedard, A.C., Nichols, S., Barbosa, J.A., Schachar, R., Logan, G.D., & Tannock, R. (2002). The development of selective inhibitory control across the life span. *Developmental Neuropsychology, 21*(1), 93-111. doi: 10.1207/S15326942DN2101_5
- Beveridge, M., Jarrold, C., & Pettit, E. (2002). An experimental approach to executive fingerprinting in young children. *Infant*

and Child Development, 11(2), 107-123. doi: 10.1002/icd.300

- Brocki, K.C., & Bohlin, G. (2004). Executive functions in children aged 6 to 13: A dimensional and developmental study. *Developmental Neuropsychology, 26*(2), 571-593. doi: 10.1207/s15326942dn2602_3
- Bunge, S.A., Dudukovic, N.M., Thomason, M.E., Vaidya, C.J., & Gabrieli, J.D.E. (2002). Immature frontal lobe contributions to cognitive control in children: Evidence from fMRI. *Neuron, 33*(2), 301-311. doi: 10.1016/S0896-6273(01)00583-9
- Carlson, S.M., & Moses, L.J. (2001). Individual differences in inhibitory control and children's Theory of Mind. *Child Development, 72*(4), 1032-1053. doi: 10.1111/1467-8624.00333
- Carlson, S.M., Moses, L.J., & Claxton, L.J. (2004). Individual differences in executive functioning and theory of mind: an investigation of inhibitory control and planning ability. *Journal of Experimental Child Psychology, 87*, 299-319. doi: 10.1037/0012-1649.34.6.1326
- Cepeda, N.J., Kramer, A.F., & Gonzalez de Sather, J.C. (2001). Changes in executive control across the life span: Examination of task-switching performance. *Developmental Psychology, 37*(5), 715-730. doi: 10.1037//0012-1649.37.5.715
- Chevalier, N. (2010). Les fonctions exécutives chez l'enfant : concepts et développement. *Canadian Psychologie, 51*(3), 149-153. doi: 10.1037/a0020031
- Coricelli, G. (2005). Two-levels of mental states attribution: from automaticity to voluntariness. *Neuropsychologia, 43*, 294-300. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2004.11.015
- Crone, E.A., Bunge, S.A., Van der Molen, M.W., & Ridderinkhof, K.R. (2006). Switching between tasks and responses: A developmental study. *Developmental Science, 9*(3), 278-287. doi: 10.1111/j.1467-7687.2006.00490.x
- Dajani, D.R., & Uddin, L.Q. (2015). Demystifying cognitive flexibility: Implications for clinical and developmental neuroscience, *Trends in Neurosciences, 38*(9), 571-578. doi: 10.1016/j.tins.2015.07.003
- Damasio, H., Grabowski, T., Frank, R., Galaburda, A.M., & Damasio, A.R. (1994a). The return of Phineas Gage: clues about the brain from the skull of a famous patient. *Science, 264*, 1102-1105. doi: 10.1126/science.8178168
- Damasio, A.R. (1994b). *L'erreur de Descartes*. Paris : Odile Jacob.
- De Luca, C.R., Wood, S.J., Anderson, V., Buchanan, J.-A., Proffitt, T.M., Mahony, K., & Pantelis, C. (2003). Normative data from the CANTAB. I: Development of executive function over the lifespan. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, 25*(2), 242-254. doi: 10.1076/jcen.25.2.242.13639
- Deneault, J., & Morin, P. (2007). La Théorie de l'esprit : ce que l'enfant comprend de l'univers psychologique. Dans S. Larivée (Ed.), *L'intelligence*. Tome 1. Les approches biocognitives, développementales et contemporaines (pp. 154-162). Montréal : ERPI.
- Dennis, M. (2006). Prefrontal cortex: typical and atypical development. In J. Risberg, J. Grafman (Eds.). *The frontal lobes: development, function and pathology* (pp. 128-162). New-York: Cambridge University Press.
- Devine, R.T., & Hughes, C. (2014). Relations between false belief understanding and executive function in early childhood: a meta-analysis. *Child Development, 85*, 1777-1794. doi: 10.1111/cdev.12237
- Diamond, A. (2004). De l'intention à l'action : le cortex préfrontal et le développement cognitive précoce. Dans M.N. Metz-Lutz, E. Demont, C. Seegmuller, M. De Agostini & N. Bruneau (Eds.), *Développement cognitive et troubles des*

apprentissages (pp. 13-35). Marseille : Solal.

- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, 64, 135-168. doi: 10.1146/annurev-psych-113011-143750
- Dunn, J. (1995). Children as psychologists: the later correlates of individual differences in the understanding of emotions and other minds. *Cognition and emotion*, 9, 187-201. doi: 10.1080/0269993950849008
- Durston, S., Thomas, K.M., Yang, Y.H., Ulug, A.M., Zimmerman, R.D., & Casey, B.J. (2002). A neural basis for development of inhibitory control. *Developmental Science*, 5(4), 9-16. doi: 10.1111/1467-7687.00235
- Duval, C., Piolino, P., Bejanin, A., Laisney, M., Eustache, F., & Desgrandes, B. (2011). La théorie de l'esprit : aspects conceptuels, évaluation et effets de l'âge. *Revue de neuropsychologie*, 3(1), 41-51. doi: 10.1684/nrp.2011.0168
- Epsy, K.A. (1997). The shape school: Assessing executive in preschool children. *Developmental Neuropsychology*, 13(4), 495-499. doi: 10.1080/87565649709540690
- Epsy, K.A., Kaufmann, P.M., McDiarmid, M.D., & Glisky, M.L. (1999). Executive functioning in preschool children: Performance on A-not-B and other delayed response format tasks. *Brain and Cognition*, 41(2), 178-199. doi: 10.1006/brcg.1999.1117
- Er Rafiqi, M., Roukoz, C., Le Gall, D., & Roy, A. (2018). Fonctions exécutives, environnement et contexte chez l'enfant. Dans A. Roy, B. Guillery-Girard, G. Aubin & C. Mayor (Ed.), *Neuropsychologie de l'enfant* (pp.201-218). Paris : De Boeck.
- Flavell, J.H. (2004). Theory of Mind development: Retrospect and prospect. *Merrill Palmer Quart*, 50, 274-290. doi: 10.1353/mpq.2004.0018
- Fourneret, P., & Des Portes, V. (2017). Approche développementale des fonctions exécutives : du bébé à l'adolescence. *Archives de Pédiatrie*, 24, 66-72. doi: 10.1016/j.arcped.2016.10.003
- Friedman, N.P., & Miyake, A. (2004). The relations among inhibition and interference control functions: A latent-variable analysis. *Journal of Experimental Psychology: General*, 133, 101-135. doi: 10.1037/0096-3445.133.1.101
- Frith, C.D., & Singer, T. (2008). The role of social cognition in decision making. *Philosophical Transactions: Biological Sciences*, 363(1511), 3875-3886. doi: 10.1098/rstb.2008.0156
- Fuster, J.M. (1997). *The prefrontal cortex: Anatomy, physiology, and neuropsychology of the frontal lobe*. Philadelphia: Lippincot-Raven.
- Gallagher, H.L., & Frith, C.D. (2003). Functional imaging of « theory of mind ». *Trends in cognitive sciences*, 7(2), 77-83. doi: 10.1016/S1364-6613(02)00025-6
- Gathercole, S.E., Pickering, S.J., Ambridge, B., & Wearing, H. (2004). The structure of working memory from 4 to 15 years of age. *Developmental Psychology*, 40(2), 177-190. doi: 10.1037/0012-1649.40.2.177
- Gil, R. (2014). *Neuropsychologie* (6^e éd.). Issy-les-Moulineaux : Elsevier-Masson.
- Gogtay, N., Giedd, J.N., Lusk, L., Hayashi, K.M., Greenstein, D., Vaituzis, A.C., ... Thompson, P.M. (2004). Dynamic mapping of human cortical development during childhood through early adulthood. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 101(21), 8174-8179. doi: 10.1073/pnas.0402680101
- Goldman-Rakic, P.S. (1995). Architecture of the prefrontal cortex and the central executive. In J. Grafman, K.J. Holyoak, & F. Boller (Eds.), *Structure and functions of the human prefrontal cortex*. Special Issue of Annals of the New-York Academy

of Science (pp. 71-83). New-York: The New-York Academy of Science.

Goldstein, K. (1936). The significance of the frontal lobes for mental performance. *Journal of Neurology and Psychopathology*, 17, 27-40. doi: 10.1136/jnnp.s1-17.65.27

Gopnik, A., & Astington, J.W. (1988). Children's understanding of representational change and its relation to the understanding of false belief and the appearance-reality distinction. *Child Development*, 59, 26-37. doi: 10.2307/1130386

Gordon, R.M. (1992). The simulation theory: objections and misconceptions. *Mind and Language*, 7, 11-34. doi: 10.1111/j.1468-0017.1992.tb00195.x

Grafman, J. (1994). Alternative frameworks for the conceptualization of prefrontal lobe functions. In F. Boller & J. Grafman (Ed.), *Handbook of neuropsychology* (pp. 187-201). Amsterdam: Elsevier.

Hale, C.M., & Tager-Flusberg, H. (2003). The influence of language on theory of mind: A training study. *Developmental Science*, 6(3), 346-359. doi: 10.1111/1467-7687.00289

Happe, F. (1994). An advanced test of theory of mind: Understanding of story characters' thoughts and feelings by able autistic, mentally handicapped, and normal children and adults. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 24, 129-154. doi: 10.1007/BF02172093

Harris, P.L. (2005). Conversation, pretence and theory of mind. In J.W. Astington & J. Baird (Eds.), *Why language matters for theory of mind* (pp. 70-84). New-York: Oxford University Press.

Hayashi, H. (2007). Children's moral judgments of commission and omission based on their understanding of second-order mental states. *Japanese Psychological Research*, 49, 261-274. doi: 10.1111/j.1468-5884.2007.00352.x

Hebb, D.O., & Penfield, W. (1940). Human behaviour after extensive bilateral removal from the frontal lobes. *Archives of Neurology and Psychiatry*, 44, 421-438. doi: 10.1001/archneurpsyc.1940.02280080181011

Hughes, C. (1998). Finding your marbles: does preschoolers' strategic behavior predict later understanding of mind? *Developmental Psychology*, 34, 1326-1339. doi: 10.1037/0012-1649.34.6.1326

Hitch, G.J., Halliday, M.S., Dodd, A., & Littler, J.E. (1989). Development of rehearsal in short-term memory: Differences between pictorial and spoken stimuli. *British Journal of Developmental Psychology*, 7(4), 347-362. doi: 10.1111/j.2044-835X.1989.tb00811.x

Huizinga, M., Dolan, C.V., & Van der Molen, M.W. (2006). Age-related change in executive function: Developmental trends and a latent variable analysis. *Neuropsychologia*, 44(11), 2017-2036. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2006.01.010

Hynes, C.A., Baird, A.A., & Grafton, S.T. (2006). Differential role of the orbital frontal lobe in emotional versus cognitive perspective-taking. *Neuropsychologia*, 44, 374-383. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2005.06.011

Isaacs, E.B., & Vargha-Khadem, F. (1989). Differential course of development of spatial and verbal memory span: A normative study. *British Journal of Developmental Psychology*, 7(4), 377-380. doi: 10.1111/j.2044-835X.1989.tb00814.x

Jastrowitz, M. (1888). Beiträge zur localisation im grosshirn und über deren praktische verwerthung. *Deutsche Medizinische Wochenschrift*, 14, 81-211.

Jernigan, T.L., Trauner, D.A., Hesselink, J.R., & Tallal, P.A. (1991). Maturation of human cerebrum observed in vivo during adolescence. *Brain*, 114(5), 2037-2049. doi: 10.1093/brain/114.5.2037

- Kalbe, E., Schlegel, M., Sack, A.T., Nowak, D.A., Dafotakis, M., Bangard, C., ... Kessler, J. (2010). Dissociating cognitive from affective theory of mind: A TMS study. *Cortex*, 46, 769-780. doi: 10.1016/j.cortex.2009.07.010
- Klenberg, L., Korkman, M., & Lahti-Nuutila, P. (2001). Differential development of attention and executive functions in 3- to 12-year-old finnish children. *Developmental Neuropsychology*, 20(1), 407-428. doi: 10.1207/S15326942DN2001_6
- Kloo, D., & Perner, J. (2003). Training transfer between card sorting and falsebelief understanding: helping children apply conflicting descriptions. *Child Development*, 74(6), 1823-1839. doi: 10.1046/j.1467-8624.2003.00640.x
- Lancelot, C., Roy, A., & Le Gall, D. (en preparation). A TOM protocol for children.
- Lechevalier, B., Eustache, F., & Viader, F. (2008). *Traité de neuropsychologie clinique*. Paris : INSERM.
- Lee, K., Bull, R., & Ho, R.M. (2013). Developmental changes in executive functioning. *Child Development*, 84, 1933-1953. doi: 10.1111/cdev.12096
- Lehto, J.E., Juujärvi, P., Kooistra, L., & Pulkkinen, L. (2003). Dimensions of executive functioning: Evidence from children. *British Journal of Developmental Psychology*, 21, 59-80. doi: 10.1348/026151003321164627
- Levin, H.S., Culhane, K.A., Hartmann, J., Evankovich, K., Mattson, A.J., Harward, H., ... Fletcher, J.M. (1991). Developmental changes in performance on tests of purported frontal lobe functioning. *Developmental Neuropsychology*, 7(3), 377-395.
- Lezak, M.D. (1982). The problem of assessing executive functions. *International Journal of Psychology*, 17(2-3), 281-297. doi: 10.1080/00207598208247445
- Lezak, M.D., Howieson, D.B., Bigler, E.D., & Tranel, D. (2012). *Neuropsychological assessment*. Oxford: Oxford University Press.
- Luciana, M., & Nelson, C. (1998). The functional emergence of prefrontally-guided working memory systems in four-to eight-year-old children. *Neuropsychologia*, 36, 273-293. doi: 10.1016/S0028-3932(97)00109-7
- Luciana, M., Conklin, H.M., Hooper, C.J., & Yarger, R.S. (2005). The development of nonverbal working memory and executive control processes in adolescents. *Child Development*, 76(3), 697-712. doi: 10.1111/j.1467-8624.2005.00872.x
- Luna, B., Garver, K.E., Urban, T.A., Lazar, N.A., & Sweeney, J.A. (2004). Maturation of cognitive processes from late childhood to adulthood. *Child Development*, 75(5), 1357-1372. doi: 10.1111/j.1467-8624.2004.00745.x
- Luria, A.R. (1966). *Higher cortical functions in man*. New-York: Basic Books.
- Luria, A.R. (1973). *The Working Brain*. London: The Penguin Press.
- Lussier, F., Chevrier, E., & Gascon, L. (2017). *Neuropsychologie de l'enfant : Troubles développementaux et de l'apprentissage* (3^e éd.). Malakoff : Dunod.
- Manning, L. (2007). *La neuropsychologie clinique*. Paris : Armand Colin.
- Mazeau, M., & Pouhet, A. (2014). *Neuropsychologie et troubles des apprentissages chez l'enfant : Du développement typique aux dys-*. Paris : Elsevier Masson.
- Miyake, A., Friedman, N.P., Emerson, M.J., Witzki, A.H., & Howerter, A. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contribution to complex "frontal lobe" tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41, 49-100. doi: 10.1006/cogp.1999.0734

- Miller, S.A. (2009). Children's understanding of second-order mental states. *Psychological Bulletin*, 135, 749-773. doi: 10.1037/a0016854
- Moor, B.G., Macks, Z.A., Güroglu, B., Rombouts, S.A., Molen, M.W., & Crone, E.A. (2012). Neurodevelopmental changes of reading the mind in the eyes. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 7(1), 44-52. doi: 10.1093/scan/nsr020
- Moreau, N., & Champagne-Lavau, M. (2014). Théorie de l'esprit et fonctions exécutives dans la pathologie. *Revue de neuropsychologie*, 6(4), 276-281. doi: 10.1684/nrp.2014.0320
- Moret, A., & Mazeau, M. (2013). *Le syndrome dys-exécutif chez l'enfant et l'adolescent : Répercussions scolaires et comportementales*. Issy-les-Moulineaux : Elsevier Masson.
- Nader-Grosbois, N., & Thirion-Marissiaux, A.F. (2011). Principaux cadres théoriques à propos de la Théorie de l'esprit. Dans N. Nader-Grosbois (1^{ère} Ed.), *La théorie de l'esprit : Entre cognition, émotion et adaptation sociale* (pp. 21-44). Bruxelles : De Boeck.
- Niomboro, P., Deb, S., & Humphreys, G.W. (2008). Dissociation between decoding and reasoning about mental states in patients with theory of mind reasoning impairments. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20, 1557-1564. doi: 10.1162/jocn.2008.20118
- Nolin, P., & Laurent, J.-P. (2004). *Neuropsychologie*. Québec : Presses de l'Université du Québec.
- Oppenheim, H. (1890). Zur pathologie der gehirngeschwulste. *Archiv fur Psychiatrie*, 21, 560-748.
- Penn, D.C., & Povinelli, D.J. (2007). On the lack of evidence that non-human animals possess anything remotely resembling a « theory of mind ». *Philosophical Transactions of the Royal Society: Biological Sciences*, 362(1480), 731-744. doi: 10.1098/rstb.2006.2023
- Perecman, E. (1987). Consciousness and the meta-functions of the frontal lobes: Setting the stage. In E. Perecman (Eds.), *The frontal lobes revisited*. New-York: IRBN Press.
- Perner, J., & Wimmer, H. (1985). « John thinks that Mary thinks that... »: Attribution of second-order beliefs by 5- to 10-years-old children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 39, 437-471. doi: 10.1016/0022-0965 (85)90051-7
- Premack, D., & Woodruff, G. (1978). Does the chimpanzee have a theory of mind? *Behavioral and Brain Sciences*, 4, 515-526. doi: 10.1017/S0140525X00076512
- Puig-Verges, N., & Schweitzer, M.G. (2008). Philosophie de l'esprit et théorie de l'esprit : Une approche de l'épistémologie clinique comparative. *Annales Médico-psychologiques*, 166, 127-131. doi: 10.1016/j.amp.2007.12.014
- Quensel, F. (1914). Stirnhirnverletzung mit charakterveränderung. *Muenchener Medizinische Wochenschrift*, 61, 1761-1763.
- Ricard, M., Cossette, L., & Gouin-Décarie, T. (1999). Développement social et affectif. Dans J.A. Rondal & E. Esperet (Eds.), *Manuel de Psychologie de l'enfant* (pp. 215-260). Bruxelles : Mardaga.
- Richard, F., Degenne, C., Leduc-Destribats, S., & Adrien, J.L. (2006). Étude différentielle du niveau de développement de la Théorie de l'esprit d'enfants atteints d'un trouble envahissant du développement. A propos du ToM-test (theory of mind test). *Approche Neuropsychologique des Apprentissages chez l'Enfant*, 90, 311-323.
- Ridderinkhof, K.R., & Van der Molen, M.W. (1995). A Psychophysiological analysis of developmental differences in the ability to resist interference. *Child Development*, 66(4), 1040-1056. doi: 10.2307/1131797

- Roy, A. (2015). Approche neuropsychologique des fonctions exécutives de l'enfant : état des lieux et éléments de prospective. *Revue de neuropsychologie*, 7(4), 245-256. doi : 10.1684/nrp.2015.0357
- Roy, A., Roulin, J.L., Le Gall, D., & Fournet, N. (validation en cours). Protocole FEE.
- Russell, J. (1999). Cognitive development as an executive process – in part: A homeopathic dose of Piaget. *Developmental Science*, 2, 247-295. doi: 10.1111/1467-7687.00072
- Sebastian, C.L., Fontaine, N.M., Bird, G., Blakemore, S.J., Brito, S.A., McCrory, E.J., & Viding, E. (2012). Neural processing associated with cognitive and affective Theory of Mind in adolescents and adults. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 7(1), 53-63. doi: 10.1093/scan/nsr023
- Seron, X., Van Der Linden, M., & Andrès, P. (1999). Le lobe frontal : à la recherche de ses spécificités fonctionnelles. Dans M. Van Der Linden, X. Seron, D. Le Gall & P. Andrès (Eds.), *Neuropsychologie des lobes frontaux*. Marseille : Solal.
- Shallice, T., & Burgess, P.W. (1998). Domain of supervisory processes and the temporal organization. In A.C. Roberts, T.W. Robbins & L. Weiskrantz (Eds.), *The frontal cortex* (pp. 22-35). Oxford: Oxford University Press.
- Shamay-Tsoory, S.G., & Aharon-Peretz, J. (2007a). Dissociable prefrontal networks for cognitive and affective theory of mind: a lesion study. *Neuropsychologia*, 45, 3054-3067. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2007.05.021
- Shamay-Tsoory, S.G., Aharon-Peretz, J., & Levkovitz, Y. (2007b). The neuroanatomical basis of affective mentalizing in schizophrenia: comparison of patients with schizophrenia and patients with localized prefrontal lesions, *Schizophrenia Research*, 90, 274-283. doi: 10.1016/j.schres.2006.09.020
- Slaughter, V., & Gopnik, A. (1996). Conceptual coherence in the child's theory of mind: training children to understand belief. *Child Development*, 67, 2967-2988. doi: 10.1111/1467-7687.00289
- Stassen Berger, K., Bureau, S., Godin, F., Paquet, F., Tousignant, S., Boulard, A., & Born, M. (2012). *Psychologie du développement*. Bruxelles : De Boeck.
- Stone, V.E., Baron-Cohen, S., & Knight, R.T. (1998). Frontal lobe contributions to theory of mind. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 10, 640-656. doi: 10.1162/089892998562942
- Stone, V.E., Baron-Cohen, S., Calder, A., Keane, J., & Young, A. (2003). Acquired theory of mind impairments in individuals with bilateral amygdala lesions. *Neuropsychologia*, 41, 209-220. doi: 10.1016/S0028-3932(02)00151-3
- Stuss, D.T., & Benson, F. (1986). *The frontal lobes*. New-York: Raven Press.
- Stuss, D.T., Binns, M.A., Murphy, K.J., & Alexander, M.P. (2002). Dissociations within the anterior attentional system: Effects of task complexity and irrelevant information on reaction time speed and accuracy. *Neuropsychology*, 16, 500-513. doi: 10.1037/0894-4105.16.4.500
- Stuss, D.T. (2006). Frontal lobes and attention. Processes and networks, fractionation and integration. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 12, 261-271. doi: 10.1017/S1355617706060358
- Tamnes, C.K., Ostby, Y., Walhovd, K.B., Westlye, L.T., Due-Tønnessen, P., & Fjell, A.M. (2010). Neuroanatomical correlates of executive functions in children and adolescents: A magnetic resonance imaging (MRI) study of cortical thickness. *Neuropsychologia*, 48, 2496-2508. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2010.04.024
- Tourrette, C. (1999). Apprentissage du monde, interactions sociales et communication. Dans J.A. Esperet & E. Esperet (Eds.), *Manuel de psychologie de l'enfant* (pp. 445-478). Sprimont : Mardaga.

- Tourrette, C., Recordon, S., Barbe, V., & Soares-Boucaud, I. (2000). Attention conjointe préverbale et théorie de l'esprit à 5 ans : la relation supposée entre ces deux capacités peut-elle être démontrée ? Étude exploratoire chez des enfants non autistes. Dans V. Gerardin-Collet & C. Riboni (Eds.), *Autisme : perspectives actuelles* (pp. 61-75). Paris : L'Harmattan.
- Van den Wildenberg, W.P., & Van der Molen, M.W. (2004). Developmental trends in simple and selective inhibition of compatible and incompatible responses. *Journal of Experimental Child Psychology*, 87(3), 201-220. doi: 10.1016/j.jecp.2003.11.003
- Van Overwalle, F.V. (2009). Social cognition and the brain: A meta-analysis. *Human Brain Mapping*, 30(3), 829-858. doi: 10.1002/hbm.20547
- Vautier, S. (2015). La psychotechnique des aptitudes. Pour différencier une sociotechnique de l'évaluation sans mesurage et une psychologie balbutiante de la compréhension de la performance. *Pratiques psychologiques*, 21, 1-18. doi: 10.1016/j.prps.2015.01.005
- Vetter, N.C., Altgassen, M., Phillips, L., Mathy, C.E.V., & Kliegel, M. (2013). Development of affective theory of mind across adolescence: Disentangling the role of executive functions. *Developmental Neuropsychology*, 38(2), 114-125. doi: 10.1080/87565641.2012.733786
- Vetter, N.C., Weigelt, S., Döhnell, K., Smolka, M.N., & Kliegel, M. (2014). Ongoing neural development of affective theory of mind in adolescence. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 9(7), 1022-1029. doi: 10.1093/scan/nst081
- Wang, A.T., Lee, S.S., Sigman, M., & Dapretto, M. (2006). Developmental changes in the neural basis of interpreting communicative intent. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 1(2), 107-121. doi: 10.1093/scan/nsl018
- Wellman, H.M. (1991). From desires to beliefs: acquisition of a theory of mind. In A. Whiten (Ed.), *Natural theories of mind* (pp. 19-38). Cambridge, MA: Basil Blackwell.
- Wellman, H.M., & Liu, D. (2004). Scaling of theory of mind tasks. *Child Development*, 75(2), 523-541. doi: 10.1111/j.1467-8624.2004.00691
- Welsh, M.C., & Pennington, B.F. (1988). Assessing frontal lobe functioning in children: Views from developmental psychology. *Developmental Neuropsychology*, 4(3), 199-230. doi: 10.1080/87565648809540405
- 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. doi: 10.1080/87565649109540483
- Welt, L. (1888). Über charakterveränderungen des menschen infolge von läsionen des stirnhirns. *Deutsche Archi für Medizin*, 42, 339-390.
- Williams, B.R., Ponesse, J.S., Schachar, R.J., Logan, G.D., & Tannock, R. (1999). Development of inhibitory control across the life span. *Developmental Psychology*, 35(1), 205-213. doi: 10.1037/0012-1649.35.1.205
- Wechsler Intelligence Scale for Children, WISC-IV (2005). *Manuel d'interprétation*. Paris : ECPA.
- Zelazo, P.D., & Müller, U. (2002). Executive functions in typical and atypical development. In U. Goswami (Eds.), *Handbook of childhood cognitive development* (pp. 445-469). Oxford: Blackwell.

Table des figures

| | |
|--|----|
| <u>Figure 1</u> : Le score obtenu à l'épreuve MCI en fonction des trois groupes d'âges (A, B et C)..... | 21 |
| <u>Figure 2</u> : L'empan obtenu à l'épreuve MCI en fonction des trois groupes d'âges (A, B et C)..... | 22 |
| <u>Figure 3</u> : Le temps d'interférence obtenu à l'épreuve du Stroop en fonction des trois groupes d'âges (A, B et C)..... | 22 |
| <u>Figure 4</u> : Le nombre d'erreurs à l'épreuve du Stroop en fonction des trois groupes d'âges (A, B et C)..... | 23 |
| <u>Figure 5</u> : Le temps de réalisation de l'épreuve NCST en fonction des trois groupes d'âges (A, B et C)..... | 24 |
| <u>Figure 6</u> : Le nombre de catégories réussies au NCST en fonction des trois groupes d'âges (A, B et C)..... | 24 |
| <u>Figure 7</u> : Le nombre d'erreurs dans l'épreuve NCST en fonction des trois groupes d'âges (A, B et C)..... | 24 |
| <u>Figure 8</u> : Moyennes des temps de réalisation des deux épreuves (score d'interférence au Stroop et NCST) en fonction des trois groupes d'âges (A, B et C)..... | 25 |
| <u>Figure 9</u> : Moyennes des données relatives aux fonctions exécutives en fonction des trois groupes d'âges (A, B et C)..... | 25 |
| <u>Figure 10</u> : Le score aux questions de compréhension de l'épreuve Advanced TOM en fonction des trois groupes d'âges (A, B et C)..... | 26 |
| <u>Figure 11</u> : Le score aux questions cibles de l'épreuve Advanced TOM en fonction des trois groupes d'âges (A, B et C)..... | 26 |
| <u>Figure 12</u> : Le score de justifications d'aspects cognitifs dans les Faux-Pas en fonction des trois groupes d'âges (A, B et C)... | 27 |
| <u>Figure 13</u> : Le score de justifications d'aspects affectifs dans les Faux-Pas en fonction des trois groupes d'âges (A, B et C)... | 27 |
| <u>Figure 14</u> : Le score total dans l'épreuve Faux-Pas en fonction des trois groupes d'âges (A, B et C)..... | 27 |
| <u>Figure 15</u> : Moyennes des données relatives à la théorie de l'esprit en fonction des trois groupes d'âges (A, B et C)..... | 28 |

Table des illustrations

| | |
|--|----|
| <u>Illustration 1</u> : Représentations du cortex préfrontal (en violet), vue latérale et vue médiale (à gauche), de la carte cytoarchitectonique des aires de Broadman (au centre) et les aires spécifiques au cortex préfrontal [9, 10, 11, 46] (à droite) (Baciu, 2011 ; Lechevalier et al., 2008)..... | 3 |
| <u>Illustration 2</u> : Représentation cartographique dynamique du développement cortical, de quatre à vingt ans, (zones cérébrales matures en bleu), vue latérale (Gogtay et al., 2004)..... | 3 |
| <u>Illustration 3</u> : Estimation de la différence entre les moyennes des facteurs communs en fonction des âges pour la mémoire de travail, la flexibilité ainsi que l'inhibition (Huizinga et al., 2006)..... | 7 |
| <u>Illustration 4</u> : Représentation schématique des bases neuroanatomiques de la théorie de l'esprit, en face médiane (à gauche) et en face latérale (à droite) (Duval et al., 2011)..... | 8 |
| <u>Illustration 5</u> : Représentation des différents niveaux de la théorie de l'esprit (Duval et al., 2011)..... | 10 |
| <u>Illustration 6</u> : Schématisation de la place de la théorie de l'esprit dans une dynamique d'un fonctionnement plurisectoriel (Mazeau & Pouhet, 2014)..... | 12 |
| <u>Illustration 7</u> : Représentation graphique des trajectoires de développement (« <i>life span</i> ») pour les aspects « <i>froids</i> » et « <i>chauds</i> » (Anderson et al., 2008)..... | 14 |

Table des tableaux

Tableau 1 : Corrélations significatives entre les fonctions exécutives et la théorie de l'esprit.....29

Annexes

| | |
|---|------|
| <u>Annexe 1</u> : Grille de cotation Advanced TOM..... | I |
| <u>Annexe 2</u> : Lettre d'information adressée à la direction des établissements scolaires..... | III |
| <u>Annexe 3</u> : Support visuel pour les enfants..... | IV |
| <u>Annexe 4</u> : Lettre d'information adressée aux parents..... | V |
| <u>Annexe 5</u> : Description des participants..... | VI |
| <u>Annexe 6</u> : Scores des participants aux tâches exécutives..... | VII |
| <u>Annexe 7</u> : Scores des participants aux tâches évaluant la théorie de l'esprit..... | VIII |
| <u>Annexe 8</u> : Valeurs brutes U , p et ρ (rho), des groupes comparés (A-B, B-C et A-C) pour chaque épreuve..... | IX |
| <u>Annexe 9</u> : Valeurs des moyennes, écart-types et médianes en fonction du groupe d'âge et de l'épreuve..... | X |
| <u>Annexe 10</u> : Résultats des corrélations de Spearman entre les scores obtenus aux épreuves et le groupe d'âge..... | XI |
| <u>Annexe 11</u> : Résultats des corrélations de Spearman entre les scores obtenus aux épreuves des fonctions exécutives et de la théorie de l'esprit, en fonction des groupes d'âge (A, B, C)..... | XII |
| <u>Annexe 12</u> : Résultats des corrélations de Spearman entre les scores obtenus aux épreuves des fonctions exécutives et de la théorie de l'esprit, en fonction des groupes d'âge (A-B, B-C, A-C)..... | XIII |
| <u>Annexe 13</u> : Résultats des corrélations de Spearman entre les scores obtenus aux épreuves des fonctions exécutives et de la théorie de l'esprit..... | XIV |
| <u>Annexe 14</u> : Corrélations significatives entre les fonctions exécutives et la théorie de l'esprit..... | XV |

Annexe 1 : Grille de cotation Advanced TOM

CONFIDENTIEL

CONFIDENTIEL

Rapport-gratuit.com 
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Annexe 3 : Support visuel pour les enfants

CONFIDENTIEL

Annexe 4 : Lettre d'information adressée aux parents

CONFIDENTIEL

Annexe 5 : Description des participants

CONFIDENTIEL

Annexe 6 : Scores des participants aux tâches exécutives

CONFIDENTIEL

Annexe 7 : Scores des participants aux tâches évaluant la théorie de l'esprit

CONFIDENTIEL

**Annexe 8 : Valeurs brutes U , p et $p(\rho)$, des groupes comparés (A-B, B-C et A-C)
pour chaque épreuve**

CONFIDENTIEL

Annexe 9 : Valeurs des moyennes, écart-types et médianes en fonction du groupe d'âge et de l'épreuve

CONFIDENTIEL

Annexe 10 : Résultats des corrélations de Spearman entre les scores obtenus aux épreuves et le groupe d'âge

Rapport Gratuit.com
CONFIDENTIEL

Annexe 11 : Résultats des corrélations de Spearman entre les scores obtenus aux épreuves des fonctions exécutives et de la théorie de l'esprit, en fonction des groupes d'âge (A, B, C)

CONFIDENTIEL

Annexe 12 : Résultats des corrélations de Spearman entre les scores obtenus aux épreuves des fonctions exécutives et de la théorie de l'esprit, en fonction des groupes d'âge (A-B, B-C, A-C)

CONFIDENTIEL

Rapport-gratuit.com 
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Annexe 13 : Résultats des corrélations de Spearman entre les scores obtenus aux épreuves des fonctions exécutives et de la théorie de l'esprit

CONFIDENTIEL

Annexe 14 : Corrélations significatives entre les fonctions exécutives et la théorie de l'esprit

CONFIDENTIEL

RÉSUMÉ

L'objectif de cette recherche est d'étudier le développement des fonctions exécutives (mémoire de travail, inhibition, flexibilité) et de la théorie de l'esprit (cognitive et affective) chez l'enfant d'âge scolaire et l'adolescent tout-venant (n=58). Nous souhaitons mieux connaître le profil neuropsychologique typique de l'enfant et l'adolescent, afin de comprendre les enjeux du développement de ces deux habiletés de haut niveau ainsi que les liens probables entre elles. Nous souhaitons observer les similitudes ou différences à huit, onze et quatorze ans. Trois groupes d'âges ont été formés : huit-neuf ans (groupe A, n=21), dix-douze ans (groupe B, n=16) et treize-quinze ans (groupe C, n=21).

Les données analysées pour les fonctions exécutives concernent le score et l'empan du subtest « Mémoire des chiffres (ordre inverse) » (MCI, WISC-IV), le temps et le nombre d'erreurs (score d'interférence), de l'épreuve Stroop (protocole FEE) ainsi que le temps, le nombre de catégories et le nombre d'erreurs à l'épreuve NCST (protocole FEE). Pour la théorie de l'esprit, les scores de compréhension et cibles (protocole TOM) seront analysés, ainsi que les scores de justifications des aspects cognitifs et affectifs, puis les scores globaux (Faux-Pas).

Les résultats aux tâches exécutives et de théorie de l'esprit montrent des différences entre les trois groupes d'âge, mais principalement entre huit-neuf et dix-douze ans, ainsi qu'entre huit-neuf et treize-quinze ans. Les résultats postulent des liens entre fonctions exécutives et théorie de l'esprit. Il y a des liens entre la théorie de l'esprit et chacune des fonctions suivantes : mémoire de travail, inhibition, flexibilité.

Il semble intéressant de poursuivre cette étude, en intégrant de nouvelles épreuves, en recrutant de nouveaux participants ainsi qu'en prenant en compte d'autres éléments comme la régulation comportementale (BRIEF) afin d'avoir de nouvelles analyses statistiques.

mots-clés : Fonctions exécutives – Théorie de l'esprit – Développement – Enfance – Adolescence

ABSTRACT

The goal of this research is to study the development of executive functions (working memory, inhibition, shifting) and the theory of mind (cognitive and affective) in school-aged children and adolescents (n=58). We wish to better understand the typical neuropsychological profile of child and adolescent, in order to understand the development issues of these two high-level skills as well as the probable links between them. We also want to examine similarities or differences at eight, eleven and fourteen. Three age groups were formed : eight-nine years old (group A, n=21), ten-twelve years old (group B, n=16) and thirteen-fifteen years old (group C, n=21).

The data analyzed for the executive functions concern the score and span of subtest « *Mémoire des chiffres (ordre inverse)* » (MCI, WISC-IV), time and errors number (interference score), Stroop test (FEE protocol) as well as time, categories number and errors number in NCST test (FEE protocol). For the theory of mind, the comprehension and target scores (TOM protocol) will be analyzed, as well as the cognitive and affective aspects justification scores, then the overall scores (Faux-Pas).

The results in executive functions and theory of mind tasks show differences between three age groups, but mainly eight-nine and ten-twelve years old, as well as between eight-nine and thirteen-fifteen years old. The results postulate links between executive functions and theory of mind. There are links between theory of mind and each of the following functions : working memory, inhibition, shifting.

It seems interesting to continue this study, by integrating new tests, recruiting new participants and taking into account other elements such as behavioral regulation (BRIEF) in order to have new statistical analyses.

keywords : Executive Functions – Theory of Mind – Development – Childhood – Adolescence

Présidence de l'université

40 rue de rennes – BP 73532

49035 Angers cedex

Tél. 02 41 96 23 23 | Fax 02 41 96 23 00



université
angers

ENGAGEMENT DE NON PLAGIAT

Je, soussigné(e) Gwendoline GILLIER.....

déclare être pleinement conscient(e) que le plagiat de documents ou d'une partie d'un document publiée sur toutes formes de support, y compris l'internet, constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée.

En conséquence, je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisées pour écrire ce rapport ou mémoire.

Signé par l'étudiante le 29/04/2019,

CONFIDENTIEL

**Cet engagement de non plagiat doit être signé et joint
à tous les rapports, dossiers, mémoires.**

Présidence de l'université

