Troubles externalisés du comportement et inhibition

Troubles externalisés du comportement et inhibition

Impact d'une intervention visant à développer les capacités d'inhibition chez le jeune enfant

---

Alexandra Volckaert

Thèse présentée en vue de l'obtention du grade de Docteur en sciences psychologiques et de l'éducation

Promoteur

Marie-Pascale Noël (UCL/PSP)

Comité d'encadrement

Dana Samson (UCL/PSP)
Xavier Seron (UCL/PSP)

Président

Nathalie Nader-Grosbois (UCL/PSP)

Comité d'accompagnement et jury

Marie-Pascale Noël (UCL/PSP)
Dana Samson (UCL/PSP)
Xavier Seron (UCL/PSP)
Nady Van Broeck (KUL)
Nicolas Chevalier (Université d'Edimbourg, Royaume-Uni)

Illustration de couverture :
©Colombe Casey
www.laplumedecolombe.com

*A mes parents, ceci est **NOTRE** thèse*

“Great things never came from comfort zones”

Table des matières

Résumé - Abstract 11

Remerciements 13

Introduction générale 17

PARTIE I FONDEMENTS THÉORIQUES ET REVUE DE LITTÉRATURE 23

Chapitre 1 Liens entre troubles externalisés du comportement et fonctions exécutives chez l'enfant d'âge préscolaire 25

1. Troubles externalisés du comportement (TEC) ***27***
1.1 Définition des troubles externalisés du comportement 27
1.2 Evaluation des troubles externalisés du comportement 28
1.2.1 Mesures subjectives 29
1.2.2 Mesures objectives 32
1.3 Troubles externalisés du comportement et facteurs associés 34

2. Développement des fonctions exécutives ***36***
2.1 Définition générale 37
2.2 Modèles théoriques 38
2.3 Définition et développement des différents composants 42
2.3.1 La mémoire de travail 43
2.3.2 L'inhibition 45
2.3.3 La flexibilité 48
2.3.4 L'attention 53
2.4 Conclusion 53

3. Liens entre troubles externalisés du comportement et fonctions exécutives ***54***
3.1 Introduction 54
3.2 Lien entre FE et TDAH chez l'enfant d'âge scolaire 55
3.3 FE et TEC chez les enfants d'âge préscolaire 56
3.3.1 TEC et facteur général de FE 56
3.3.2 TEC et mémoire de travail 58
3.3.3 TEC et flexibilité 58
3.3.4 TEC et attention 59
3.3.5 TEC et inhibition 60
3.3.6 TEC et FE « chaudes » 63
3.3.7 Différences liées au sexe 65

4. Conclusion ***66***

Chapitre 2 Interventions **69**

1. Introduction ***71***

2. Interventions existantes ***71***
2.1 Intervention chez l'enfant d'âge scolaire 71
2.2 Intervention chez l'enfant d'âge préscolaire 75

3. Intervention mise en place dans le cadre de « H2M- Children » ***82***

4. Conclusion ***91***

PARTIE II CONTRIBUTIONS EMPIRIQUES **95**

Introduction **97**

Chapitre 3 Training Executive Function in Preschoolers Reduce Externalizing Behaviors **101**

1. Introduction ***103***

2. Method and Materials ***106***
2.1 Procedure 106
2.2 Participants 106
2.3 Instruments 107
2.3.1 Exclusion criteria 107
2.3.2 Attention 107
2.3.3 Inhibition/Flexibility 108
2.3.4 Working Memory 109
2.3.5 Externalizing Behaviors 110
2.4 Inhibition Training 111

3. Results ***112***
3.1 Data analysis 112
3.2 Factorial analyses 113
3.3 Between group comparisons in pretest 114
3.4 Effect of the intervention 116
3.4.1 Inhibition 116
3.4.2 Attention 116
3.4.3 Working memory 116
3.4.4 Flexibility 117
3.4.5 Behavior 119

4. Discussion ***121***

Chapitre 4 Externalizing Behavior Problems in Preschoolers: Impact of an inhibition training **125**

1. Introduction ***127***

2. Method and Materials ***130***
2.1 Participants 130
2.2 Procedure 130
2.3 Instruments 130
2.3.1 Instruments for the inclusion criteria 130
2.3.2 Behavioral measures 131
2.3.3 Cognitive measures 132
2.4 Inhibition Training 135

3. Results ***136***
3.1 Data analysis 136
3.2 Factorial analyses 136
3.3 Between group comparisons in pretest 138
3.4 Effect of the intervention 139
3.4.1 Inhibition 139
3.4.2 Attention 140
3.4.3 Working memory 140
3.4.4 Flexibility 140
3.4.5 EF Questionnaire (CHEXI) 140
3.4.6 Behavior 142

3.4.7 Gender effect 147

4. Discussion 147

Chapitre 5 Executive Function, Chaos and Temperament: specificities in preschoolers with externalizing behaviors 151

1. Introduction 153

2. Method and Materials 156
2.1 Participants 156
2.2 Instruments 156
2.2.1 Instruments for the inclusion criteria 156
2.2.2 Demographic variables 157
2.2.3 Behavioral Measures 157
2.2.4 Cognitive Measures 158

3. Results 161
3.1 Between group comparisons 161
3.1.1 Behavioral measures 163
3.1.2 Temperament 165
3.1.3 Household Chaos 165
3.1.4 Cognitive measures 165
3.2 Discriminant analysis 166

4. Discussion 167

PARTIE III DISCUSSION GENERALE 171

Chapitre 6 Discussion générale 173

1. Introduction 175

2. Synthèses et interprétations des résultats obtenus dans nos recherches expérimentales 176

3. Une prise en charge de l'inhibition : pour quel type d'enfant ? 182

4. Effet différencié de l'entrainement de l'inhibition ou du renforcement motivationnel ? 184

5. Considérations méthodologiques 186
5.1 Nature du groupe contrôle 187
5.2 Choix des outils 188
5.3 Choix des analyses 189
5.4 Prise en charge de groupe : Effet positif ou délétère ? 190
5.5 Démarche d'analyse de groupe versus profil individuel 191
5.6 Variabilité inter-individuelle / variabilité intra-individuelle 192

6. Perspectives futures 192

7. Implications cliniques 195

8. Conclusion 200

Références bibliographiques 201

Résumé

Les troubles externalisés du comportement (TEC) occupent une place importante dans la pratique clinique chez le jeune enfant d'âge préscolaire (3-5 ans). Divers facteurs de risque y sont associés, dont un déficit au niveau des fonctions exécutives (FE), et en particulier de l'inhibition.

La présente thèse étudie les relations entre les FE et les TEC chez le jeune enfant. Ce travail débutera par la définition des TEC et des FE ainsi que l'état des lieux de la littérature en ce qui concerne les liens qu'entretiennent ces deux concepts dès le plus jeune âge.

Nous observerons ensuite l'effet d'une prise en charge à moyen terme, centrée sur la fonction d'inhibition, sur les autres FE d'une part, mais également sur la sphère comportementale. Notre première étude empirique teste l'efficacité de cette intervention sur une population d'enfants tout-venant et montre qu'une intervention centrée sur l'inhibition permet non seulement d'augmenter les capacités d'inhibition, mais également d'avoir un impact sur les autres FE telles que l'attention ou la mémoire de travail. Plus important encore, cela engendre une diminution des TEC.

Nous évaluerons ensuite l'efficacité de cette même intervention sur une population d'enfants présentant des TEC. Les résultats suggèrent que, bien qu'une amélioration des FE soit plus difficile à mettre en évidence dans ce type de population, les parents rapportent néanmoins une amélioration du comportement, qui est également observée dans une mesure plus objective (paradigme d'observation).

Enfin, le profil cognitif, comportemental et environnemental des enfants TEC sera examiné et les variables permettant de discriminer au mieux ces enfants seront discutées.

Le dernier chapitre de cet ouvrage consistera en une discussion générale de nos résultats de recherche. Nous discuterons des limites et perspectives futures de ces recherches.

Abstract

Externalized behavior disorders (EB) play an important role in clinical practice with young preschoolers (3-5 years). Several risk factors seem to be associated with EB, including a deficit in executive functioning (EF), and more specifically inhibition.

This current PhD thesis examines the relationship between EF and EB in young children. This work will begin with the definition of EB and EF as well as a review on the link between these two concepts from an early age.

We will then observe the effect of an 8 weeks intervention, focusing on inhibition, on the other EF, but also on the behavioral sphere. Our first empirical study will test the effect of this intervention on a typically developing population of preschoolers. We will show that this intervention not only increased the inhibition capacities, but also had an impact on other EF such as attention or working memory. More importantly, we observed fewer EB after the intervention.

We will then assess the effectiveness of the same intervention on a clinical population. Our results suggest that, although an improvement of EF is more difficult to highlight in this population, the parents however reported behavior improvement, which is also observed in a more objective measure (an observation paradigm).

Finally, cognitive, behavioral and environmental profile of EB children will be examined and the most discriminant variables will be discussed.

The last chapter of this thesis will be a general discussion about our research results. We will discuss the limits and future prospects of this research.

Remerciements

Lorsqu'on réalise une thèse, on nous demande souvent : « et alors, comment ça va TA thèse ? ». Au terme de cette aventure, je pense pouvoir dire qu'il ne s'agit pas uniquement de MA thèse…car, même si celle-ci est le fruit de quatre années de travail personnel, elle n'aurait pas pu voir le jour sans une série d'acteurs supplémentaires…

Je commencerai par ma promotrice, Marie-Pascale : merci pour cette confiance que tu apportes à tes doctorants, pour ce partage de tes connaissances, pour ce juste équilibre entre guidance et soutien que tu parviens à garder tout au long de ce parcours doctoral…Ta rigueur scientifique m'a énormément appris et restera un moteur dans mon travail de neuropsychologue. Tu m'as continuellement laissé une grande liberté, et même délégué certaines responsabilités pour lesquelles j'espère avoir été à la hauteur. Cette thèse était un fameux challenge dans ma vie de clinicienne et c'est en partie grâce à ta patience, tes encouragements et ta flexibilité qu'elle a pu se réaliser… M'offrir la possibilité d'entreprendre cette thèse m'a permis non seulement de m'ouvrir au monde de la recherche, mais surtout d'envisager un nouveau visage à la clinique. Les colloques auxquels j'ai eu la chance de participer m'ont permis d'avoir un nouveau regard sur la clinicienne que je désire être désormais, et cela est très précieux.

Merci également aux Professeures Isabelle Roskam, Marie-Anne Schelstraete et Nathalie Nader-Grosbois d'avoir, en tant que promotrices de l'ARC, contribuer à la construction de cette thèse, de par tous les conseils avisés que vous m'avez prodigués. Isabelle, merci à toi d'avoir eu l'audace de monter le projet H2M il y a plus de 10 ans, ayant permis à de nombreux doctorants d'intégrer ce projet, et à tant de parents de trouver du soutien. Nathalie, merci de nous faire l'honneur de présider le jury de cette thèse. Il me serait difficile de ne pas te remercier pour toute l'empathie que tu as toujours eue à mon égard. Tu m'as souvent redonné du courage dans les moments les plus difficiles. Merci pour cela.

Merci aux Professeurs Xavier Seron et Dana Samson qui m'ont fait l'honneur de faire partie de mon comité d'accompagnement de thèse au long de ces quatre années. Merci d'avoir pris le temps de m'écouter et de me conseiller, votre regard critique sur mes recherches m'ayant permis d'améliorer leur qualité. Vos remarques et votre expérience m'ont permis d'envisager mon travail sous divers angles. Vos encouragements et votre enthousiasme à l'égard de ce projet de recherche furent précieux, et vous avez sans cesse valorisé l'ampleur de cette thèse clinique. Merci encore pour votre implication, je reste persuadée que la qualité de cette thèse est également due au fait que vous m'avez toujours interrogée de manière très pertinente, m'offrant une réflexion toujours plus enrichissante. Pour tout cela je vous remercie.

Je tiens également à remercier également les Professeurs Nady Van Broeck et Nicolas Chevalier d'avoir accepté de faire partie de mon jury, m'offrant une défense privée que je n'aurais jamais pu espérer. Cette étape préliminaire est souvent source d'angoisse pour le doctorant, vous en avez fait un moment d'une très grande émotion. Merci pour cela.

Laurence, mon mentor depuis toujours…tu m'as prise sous ton aile il y a 10 ans en tant que stagiaire…aujourd'hui je te compte parmi ses rares amies qui sont là tant dans les bons et les mauvais moments, tu trouves toujours les mots justes qui rassurent et valorisent…et d'une façon encore très mystérieuse pour moi, tu as TOUJOURS le sourire…merci pour cette belle amitié…

On pourrait croire que le travail du doctorant est un travail solitaire…mais on comprend vite que c'est tout le contraire… Comment te remercier Marine pour cet incroyable duo que nous avons formé ? Tu fais incontestablement partie des gens sans qui cette thèse n'aurait jamais abouti ! Et je suis persuadée que ce travail en duo n'est que le début ! Je pense également à Steph, Emilie et Sarah… au fil des années, c'est une véritable famille qui s'est créée… merci pour votre dynamisme si communicatif ! Merci pour ces longues discussions autour d'une tasse de thé et d'une (très) grande quantité de chocolat…Merci d'avoir toujours eu une boîte de mouchoirs à disposition, mais aussi et surtout pour les éclats de rire qui résonnent dans tout le couloir, pour les soirées entre nanas qui redonnent de l'énergie et pour votre tolérance face au shopping impulsif !

Cette thèse c'est aussi l'histoire de tout un couloir… le couloir E du 1er étage, ce n'est pas moins de 14 bébés nés en moins de 5 ans ! Mais c'est aussi un couloir « d'adoption » qui m'a permis de partager de fabuleux moments, n'a fait que renforcer mon sentiment d'appartenance à une équipe en or, et m'a permis de travailler dans un climat sympathique auquel chaque doctorant devrait avoir droit : merci à Elise, Laurie, Béné, Neda, Sylvie, Stéphanie, Auriane, Sophie, Nathalie, Anne-Sophie, Vân et évidemment Sacha ! Et puis même si je n'étais plus très présente à l'étage, merci à toi Nastou d'avoir toujours laissé une porte ouverte pour moi, et d'être devenue une amie si prévenante! Faire une thèse a représenté pour moi un chemin sacrément ardu, mais de loin l'un des plus gratifiants de ma vie…Et il est évident que vous y êtes tous à votre façon pour quelque chose… Un couloir où l'on pleure ensemble, où l'on crie de joie ensemble, où chacun prend soin de l'autre. Je souhaite à tous ceux qui n'ont pas encore défendu leur thèse tout le courage qu'ils m'ont apporté !

Il m'aurait également été difficile de mener cette thèse à terme sans l'aide régulière d'acteurs primordiaux dans cette faculté. Je pense évidemment à Isabelle Legrain, Marianne Bourguignon, Yolande Nivaille et Martine Janssens mais également à Dominique Hougardy en autre pour son aide dans les supports videos (et ses belles photos !), à Roland Jaumain pour avoir supporté ma terrible mauvaise humeur lorsque mon - que dis-je – MES disques durs externes m'ont laché, pour son aide lorsque de vilains virus venaient prendre possession de mon PC et pour toutes les fois où l'imprimante du E106 nous faisait des caprices, et puis biensur à Pierre Mahaux, sans qui une partie de ma ligne de base n'aurait probablement pas existé ! Je ne pourrai non plus oublier Nathalie Lefevre qui m'a tant aidé pour mes statistiques ! Merci à tous pour votre aide et votre dévouement quotidien envers les doctorants…

Merci également à l'ensemble des familles, enfants et institutrices que j'ai rencontrés sur ma route et sans qui, évidemment, je n'aurais pu récolter l'ensemble de mes données.

J'exprime aussi ma gratitude à tous mes amis (mais je ne les citerai pas, de peur d'en oublier !), pour avoir accepté que je m'éloigne par moments, mais sans jamais douter de notre amitié et en m'encourageant toujours plus.

J'oublierai certainement des personnes mais je suis certaine qu'elles me pardonneront… mais surtout, je tiens à remercier toute la faculté, au sein de laquelle j'ai été extrêmement heureuse de travailler ces quatre dernières années.

Je ne pourrai cependant poursuivre ces remerciements sans mentionner mes parents…Ca y est, nous y sommes ! Le jour J que nous attendons tous depuis plus de 4 ans ! Comment vous remercier pour tout ce que vous m'apportez depuis tant d'années…Je ne serais pas la femme que je suis aujourd'hui si vous n'aviez pas été les parents fabuleux que vous êtes…tous les jours…sans condition… Dans les bons moments, vous êtes toujours les premiers à me féliciter, dans les moins bons, les premiers à m'épauler…Vous me tirez toujours vers le haut…vous êtes mon modèle à tant d'égards ! Maman, tu es mon héroïne, tu te bats quand tout le monde baisserait les bras, tu te dévoues de manière inconditionnelle pour ta famille et tes amis, tu as toujours les mots justes qui rassurent, et tu rends chaque jour ma route plus aisée…Chaque jour je tente de te ressembler…

Xavier, les dernières années ne nous ont pas épargnés, et pourtant…tu es celui qui est toujours le premier à me faire des petites blagues dans les moments où le stress est à son maximum, celui qui se donne la mission de prendre tous les jours de mes nouvelles quand les parents ne sont pas là…Merci de garder ces valeurs familiales intactes au quotidien !

Merci aussi à ma belle-famille ! Merci de m'avoir accueillie il y a plus de 10 ans comme si j'étais votre propre fille, de nous épauler au quotidien Antoine et moi, de toujours croire en moi et de constamment me dire que vous êtes fiers de moi !

Antoine…10 ans de vie commune, 6 ans de mariage, 2 merveilleux garçons et…tellement d'heures de réconfort et d'encouragements dans les moments de doute, les moments où, comme chaque doctorant, on est persuadé qu'on y arrivera jamais et qu'on a juste envie de balancer notre PC par la fenêtre… Merci de me faire vivre sous ta bonne étoile…Tu es celui qui croît continuellement en moi, et qui me permet de réaliser tous mes rêves, en gérant ce que peu d'hommes et de pères sont prêts à gérer… *Why do you need a superhero when you have a super dad*… Nous avons une chance inouie de t'avoir tous les trois…

Mes fils…mon plus beau challenge, mon plus grand bonheur de tous les jours… Vous avez fait preuve de tant de patience envers votre maman…L'avantage quand on fait une thèse sur un sujet comme celui-ci c'est qu'au final on se dit qu'on n'est pas si mal loti ;-) Gardez cependant cette énergie qui vous caractérise tant… Je vous aime…

Introduction générale

Introduction générale

« Mon enfant est difficile », « il n'écoute rien », « nous ne savons plus que faire, nous avons tout essayé mais il n'en fait qu'à sa tête », « il a épuisé toutes nos ressources », « nous sommes désemparés », telles sont les phrases que de plus en plus de praticiens comme les pédiatres, pédopsychiatres ou psychologues entendent en consultation (Hinshaw & Anderson, 1996; Smeekens, Riksen-Walraven, & van Bakel, 2007). Le terme de « troubles externalisés du comportement », que nous nommerons TEC tout au long de cette thèse, regroupe des comportements de type agressivité, opposition, agitation, désobéissance ou encore le non-respect des limites (Achenbach & Rescorla, 2000b). Ces comportements sont caractérisés d' « externalisés », faisant référence au fait qu'il sont dirigés vers autrui, en opposition aux troubles internalisés qui renvoient eux à des affects négatifs dirigés vers soi-même (anxiété, dépression,…) (Achenbach & Edelbrock, 1986).

Bien que l'on puisse, dans certains cas, observer une atténuation, voire une disparition, de ces TEC présents précocement chez l'enfant (Campbell, 1994), l'inverse est également observé et bien plus problématique. En effet, les TEC peuvent perdurer dans le temps, jusqu'à l'adolescence pour certains (Campbell, 2002; Moffit, 1993; Owens & Shaw, 2003), mais également à l'âge adulte (Reef, Diamantopoulou, van Meurs, Verhulst, & van der Ende, 2011). Cette persistance des TEC peut dès lors amener à des difficultés en termes d'insertion sociale mais également en ce qui concerne les apprentissages scolaires (Spira & Fischel, 2005). Heller, Baker, Henker et Hinshaw (1996) ont également mesuré la stabilité des TEC chez 77 jeunes enfants, entre la période préscolaire (moyenne d'âge 5 ans 7 mois) et 25 mois plus tard. Trois groupes d'enfants sont distingués, en fonction de l'évaluation des parents et de l'enseignant au Child Behavior Checklist (CBCL - Achenbach, 1991): ceux présentant des TEC envahissants, un groupe « borderline » et un groupe contrôle. Une stabilité des scores au CBCL est observée au cours des 25 mois, tant pour l'évaluation parentale que pour celle de l'enseignant. En ce qui concerne l'appartenance au groupe de l'échantillon, 83% des enfants contrôles et 94% du groupe d'enfants présentant des TEC envahissants en 3ème maternelle le sont encore en 1ère primaire ; en ce qui concerne le groupe « borderline », 50% en font encore partie au temps 2 et 50% sont passés dans le groupe contrôle. Pouvoir identifier au plus tôt les enfants présentant des TEC semble dès lors primordial.

Cette thèse de doctorat s'inscrit dans le cadre d'un large programme de recherche débuté en 2004 : le projet « H2M (*Hard-t(w)o-Manage*) Children », coordonné par les Professeurs Isabelle Roskam, Marie-Pascale Noël, Nathalie Nader-Grosbois et Marie-Anne Schelstraete (pour plus d'informations, voir http://www.uclouvain.be/h2m-children.html). Ce programme de recherche a vu le jour dans l'espoir de pouvoir répondre à un grand nombre de professionnels et de parents d'enfants présentant des TEC, étant donné le nombre toujours croissant de consultations dans le cadre de troubles du comportement chez le jeune enfant. En effet, les parents d'enfants présentant des TEC se posent des questions

qui sont en général récurrentes : est-ce que cela se soigne ? Pour quelles raisons présente-t-il/elle tant de difficultés de comportement ? Comment faire pour que cela se passe mieux avec l'entourage et dans les apprentissages scolaires ? Que va-t-il/elle devenir ? Autant de questions auxquelles les chercheurs de H2M ont tenté de donner des réponses.

Le programme « H2M » s'est jusqu'à présent déroulé en deux phases. Dans la première phase (2004-2009)[1], il s'agissait d'évaluer les comportements externalisés chez les enfants d'âge préscolaire (trois à six ans) afin de mieux cerner et comprendre les facteurs de risque ayant un rôle dans l'émergence et la persistance des TEC. Cent vingt et un enfants présentant des TEC ainsi que trois cents enfants contrôles ont été évalués lors de cette première phase, à travers une étude longitudinale. Les mesures concernaient des variables ayant été mises en lien avec les TEC dans la littérature : d'une part des variables parentales telles que les pratiques éducatives, le sentiment de compétence parentale, la qualité de l'attachement parent-enfant, et d'autre part des variables liées à l'enfant lui-même telles que les compétences langagières et les fonctions cognitives (capacités intellectuelles, attention, mémoire, inhibition). Les résultats de cette première phase ont permis de mieux comprendre les TEC et les facteurs de risque qui y sont associés. En effet, les chercheurs ont observé d'une part chez les parents d'enfants TEC des pratiques éducatives dysfonctionnelles, mais également des problèmes liés à l'attachement, et d'autre part au niveau de l'enfant TEC lui-même des difficultés d'inhibition, de langage, et de nature socio-émotionnelle (Roskam, Meunier, Stievenart, & Noël, 2013). Ils ont également fait émerger une question centrale : est-il possible d'agir sur ces facteurs de risque ? C'est dans ce cadre que le projet H2M s'est poursuivi en une deuxième phase (2011-2016)[2], ayant pour but de mieux comprendre les relations causales entre les TEC d'une part, et la parentalité, la communication parent-enfant, les capacités en cognition sociale de l'enfant, ainsi que son fonctionnement exécutif.

Dans cette thèse, nous nous sommes penchés précisément sur la relation entre les TEC et le fonctionnement exécutif de l'enfant. Même s'il existe une littérature grandissante sur le lien entre TEC et fonctions exécutives (FE), elle est généralement de nature corrélationnelle. Rares sont les recherches démontrant la relation de causalité entre FE et TEC. Dès lors est apparue la nécessité de mettre en place des interventions dans lesquelles les FE, et en particulier l'inhibition, seraient manipulées, afin d'observer une diminution ou non des TEC.

C'est précisément ce que les recherches de cette thèse de doctorat ont tenté de mettre en évidence ces quatre dernières années. Nous avons voulu observer si une prise en charge centrée spécifiquement sur l'inhibition pouvait amener à une amélioration des fonctions exécutives (inhibition, attention, mémoire de travail et flexibilité) mais pouvait également

[1] Equipe de recherche 2004-2009 : Pr. Isabelle Roskam, Pr. Marie-Pascale Noël, Pr. Marie-Anne Schelstraete, Jean-Christophe Meunier, Marie Stievenart, Gaëlle Van de Moortele, Céline Van Schendel.
[2] Equipe de recherche 2011-2016 : Pr. Isabelle Roskam, Pr. Marie-Pascale Noël, Pr. Nathalie Nader-Grosbois, Pr. Marie-Anne Schelstraete, Elise Brassart, Marine Houssa, Laurie Loop, Bénédicte Mouton et Alexandra Volckaert

avoir un impact positif sur les comportements externalisés, soit une diminution de l'agitation, de l'agressivité et de l'opposition.

Ce présent ouvrage sera présenté en cinq chapitres. Le premier chapitre nous permettra d'aborder l'aspect théorique des TEC d'une part et des FE d'autre part, afin de faire le point sur les différents modèles théoriques disponibles actuellement dans la littérature scientifique. Nous nous attarderons également sur une revue de la littérature concernant le lien qu'entretiennent les TEC et les FE, et plus spécifiquement l'inhibition. Le deuxième chapitre détaillera les prises en charge neuropsychologiques existant actuellement dans la littérature chez l'enfant d'âge préscolaire et développera l'intervention centrée sur l'inhibition que nous avons mise au point dans le cadre de cette thèse. Nous verrons ensuite respectivement dans les chapitres 3 et 4 l'impact de cette intervention chez de jeunes enfants tout-venant d'une part, et chez des enfants présentant des TEC d'autre part. Le cinquième chapitre nous permettra d'explorer le profil cognitif et comportemental d'enfants présentant des TEC, comparé à des enfants tout-venant. Enfin, le dernier chapitre constituera notre discussion générale. Il proposera une synthèse des différents résultats obtenus dans cette thèse. Nous ne manquerons pas non plus de discuter nos choix méthodologiques, mais également les forces et limites inhérentes à nos recherches. Enfin, nous clôturerons cette thèse en mentionnant les implications cliniques de nos travaux et nous dégagerons les perspectives futures de recherche.

En conclusion, nous testerons dans cette thèse le lien de causalité entre TEC et inhibition. La Figure 1 illustre l'hypothèse de départ de notre thèse : étant donné les liens étroits qu'entretiennent l'inhibition et les TEC, nous espérons qu'une prise en charge centrée sur l'inhibition amènera à une amélioration de ces capacités d'inhibition, à une amélioration possible des autres FE, mais surtout, nous espérons observer un effet de cette intervention sur le comportement, à savoir une diminution des TEC. Nous mesurerons cet impact comportemental à travers des questionnaires remplis par les parents et/ou les enseignants mais également grâce à un paradigme d'observation que nous avons développé dans le cadre de ce programme de recherche et que nous présenterons dans cet ouvrage. Autant de questions donc auxquelles nous tenterons de répondre dans cette thèse.

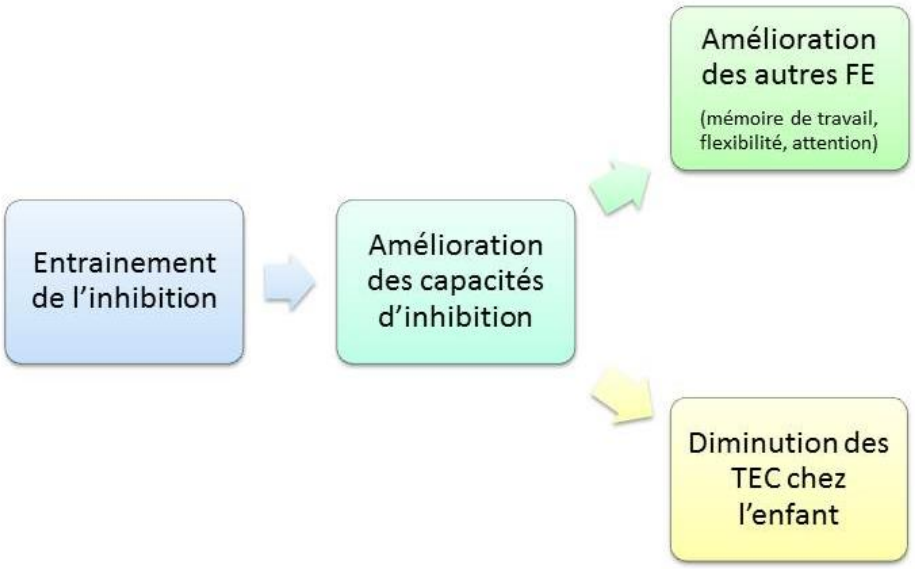


Figure 1. Hypothèse de recherche

PARTIE I

FONDEMENTS THÉORIQUES ET REVUE DE LITTÉRATURE

Chapitre 1

Liens entre troubles externalisés du comportement et fonctions exécutives chez l'enfant d'âge préscolaire

---

Les TEC occupent une place importante dans la pratique clinique chez le jeune enfant d'âge préscolaire. Dans ce chapitre, nous commencerons par définir ce que sont les TEC et quels sont les facteurs de risque qui y sont associés. Nous décrirons également les moyens existant dans la littérature pour les évaluer. Nous nous attarderons ensuite sur le développement des FE et les différents modèles théoriques qui prédominent dans le paysage scientifique. Nous verrons enfin que, bien que les FE semblent associées de manière générale aux TEC, l'inhibition semble être la fonction la plus étroitement liée à ceux-ci.

Liens entre troubles externalisés du comportement et fonctions exécutives chez l'enfant d'âge préscolaire

Divers auteurs se sont penchés ces dernières années sur le lien qu'entretiennent les FE et les TEC (Pauli-Pott & Becker, 2011; Schoemaker, Mulder, Deković, & Matthys, 2013). Avant de s'attarder plus précisément sur le lien, nous prendrons d'abord le temps dans ce chapitre de décrire ces deux concepts.

1. Troubles externalisés du comportement (TEC)

Par troubles externalisés du comportement, on désigne des comportements concrets dirigés vers autrui, comme l'agressivité physique (par exemple : coups, morsures, bousculer les autres), l'agressivité verbale (par exemple : moqueries, menaces), les comportements perturbateurs (par exemple : crises de colère, désobéissance, agitation, inattention, non-respect des limites). Ces comportements sont souvent le motif de consultation chez des professionnels de la santé tels que psychologues, pédiatres ou pédopsychiatres (Hinshaw & Anderson, 1996; Smeekens et al., 2007).

1.1 Définition des troubles externalisés du comportement

Dans le *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders* (DSM-V : American Psychiatric Association, 2013), les TEC se retrouvent sous les rubriques « déficit d'attention avec ou sans hyperactivité » (TDAH), « troubles des conduites » et « troubles oppositionnels ». La CIM-10 les classe dans les « troubles des conduites », les « troubles hyperkinétiques » et les « troubles mixtes des conduites des émotions » (Classification statistique internationale des maladies et des problèmes de santé connexes, Organisation Mondiale de la Santé, 1995). Il est cependant important de rappeler que ces différentes classifications ont été mises au point sur base d'échantillons d'enfants d'âge scolaire, ainsi que d'adolescents. Le dépistage de troubles du comportement de type TDAH ne se fait en général pas avant l'âge de 6 ans. Cependant, force est de constater que les enfants étant diagnostiqués après l'âge de 6 ans présentaient en réalité déjà des difficultés avant cet âge. C'est pour cette raison qu'en 2000, Achenbach et Rescorla proposent le concept de « troubles externalisés », indépendant de toute classification.

Le terme « TEC » regroupe en réalité les difficultés comportementales déjà présentes à l'âge préscolaire, pour ces enfants qui n'ont pas encore reçu de diagnostic. Les difficultés de type TEC seraient présentes chez 25 à 40% des enfants d'âge préscolaire, dont 7 à 15% à des degrés modérés à sévères (Palfrey, Levine, Walker, & Sullivan, 1985; Richman, Stevenson, & Graham, 1982). Les parents rapportent régulièrement les comportements

« difficiles » et perturbateurs de leur enfant. Mais il n'est pas aisé, chez le jeune enfant, de déterminer si ces comportements sont à considérer comme pathologiques, ou faisant partie du développement normal du jeune enfant. Tout comme les troubles du comportement dit internalisés (c'est-à-dire des comportements concrets étant dirigés vers soi-même comme le retrait social, la dépression ou l'anxiété) (Achenbach & Edelbrock, 1986), les troubles externalisés se situent sur un continuum allant du normal au pathologique. En effet, un certain niveau de TEC peut être considéré comme typique chez le jeune enfant. L'étude de Palfrey et al. (1985) montre d'ailleurs que 40% des parents d'enfants de 4 ans se plaignent de comportements difficiles chez leur jeune enfant, mais seuls 10% de ces enfants seront en réalité diagnostiqués TDAH. Certains diront donc que le dépistage trop précoce des TEC risquerait de coller une étiquette stigmatisante à un enfant dont les difficultés comportementales s'estomperont probablement au cours du développement. Mais dans certains cas, les troubles persistent tout au long de l'enfance et de l'adolescence (Campbell, 2002; Guedeney & Dugravier, 2006; Moffit, 1993; Owens & Shaw, 2003) et peuvent prédire d'autres formes de psychopathologies interférant avec le développement social, scolaire et personnel de l'enfant (Hinshaw, 1992), en particulier le TDAH, les troubles oppositionnels, les troubles des conduites, etc. Comprendre les TEC chez l'enfant en âge préscolaire et les diagnostiquer semble dès lors important. Il n'est donc actuellement pas évident de se positionner en tant que clinicien entre le désir de laisser à l'enfant une chance d'évoluer positivement en diminuant spontanément les éventuelles difficultés comportementales et un dépistage trop précoce qui pourrait engendrer des difficultés au niveau de l'estime de soi. Dans certains cas, les difficultés comportementales de l'enfant semblent situationnelles dans le sens où elles sont observées dans certains environnements mais pas dans d'autres (par exemple un enfant très difficile à la maison mais ne posant pas de problème en classe). Identifier et comprendre la cause de ces difficultés suffit alors parfois à améliorer le comportement. Dans d'autres cas, ces difficultés semblent plus dispositionnelles, liées à l'enfant. C'est le cas des enfants dont le comportement est perturbateur quel que soit le contexte. Une prise en charge adaptée est alors généralement nécessaire.

1.2 Evaluation des troubles externalisés du comportement

L'évaluation des TEC se fait le plus communément via des mesures indirectes telles que des questionnaires remplis par les parents et/ou les enseignants. Ces échelles d'évaluation, comprenant généralement des listes de symptômes, permettent une quantification de ces derniers, sous forme de scores totaux et de sous-scores, en fonction de l'intensité et/ou de la fréquence d'apparition dans le quotidien de l'enfant ou de l'école. Ces questionnaires ont l'avantage de mettre en évidence des aspects problématiques de l'enfant, qui peuvent différer en fonction de la source. Il n'est en effet pas rare de voir des divergences entre l'évaluation parentale et celle de l'enseignant, un enfant se comportant souvent de manière différente en fonction de l'environnement dans lequel il se trouve. Combien de fois n'entendons-nous pas en clinique « mon enfant est insupportable à la maison mais il est tellement sage à l'école ! » ou au contraire « l'institutrice de mon enfant me dit que son

comportement est intolérable en classe et dans la cour de récréation, mais nous n'observons rien de tel à la maison ou chez les amis ». C'est la raison pour laquelle une évaluation multi-méthodes/multi-informateurs permet une évaluation plus précise et fiable des TEC (Roskam, Stiévenart, et al., 2011). Nous décrirons ci-dessous les outils les plus souvent utilisés dans la littérature pour évaluer les TEC.

1.2.1 Mesures subjectives

Les questionnaires représentent les mesures subjectives du comportement les plus communément utilisées dans la littérature mais également dans la clinique. Nous verrons cependant que, dans le cadre précis des TEC, tous ne se valent pas. En effet, certains, bien que constitués de plusieurs échelles comportementales ciblant certains symptômes des TEC, ne permettent pas de dégager des échelles ayant trait spécifiquement aux TEC. D'un autre côté, certains permettent une méthode multi-informateur grâce à des versions parents et enseignants.

Conners Rating Scale

Ce questionnaire d'hétéro-évaluation (pour enfants de 3 à 17 ans) mesure la perception qu'ont les parents et les enseignants de l'hyperactivité de l'enfant, ainsi que de son inattention, de son impulsivité et des troubles de conduites. Les adultes doivent choisir si la déclaration représente un comportement commun ou non de l'enfant (échelle de Likert à quatre points allant de «pas du tout présent» (0) à «énormément présent» (3)). Goyette, Conners et Ulrich (1978) ont effectué une analyse factorielle sur base d'une version révisée de l'échelle, plus allégée et ciblant les items les plus pertinents. Ce questionnaire comporte l'avantage d'exister en deux versions : la version parentale est composée de 48 items, 28 dans la version de l'enseignant. Cinq facteurs ont été mis en évidence : trouble des conduites, trouble des apprentissages, somatisation, impulsivité/hyperactivité, anxiété. Les qualités psychométriques de la version originale sont satisfaisantes. En outre, très récemment, Catale, Geurten, Lejeune et Meulemans (2014) ont validé la structure en 5 facteurs de la version française du Conners Parents, chez des enfants belges francophones de 4 à 12 ans. Ils confirment également les bonnes qualités psychométriques de ce questionnaire. En effet, les trois échelles principales du Conners Parents (troubles des conduites, problèmes d'apprentissage et impulsivité/hyperactivité) présentent un alpha de Cronbach entre .76 et .80. Ce questionnaire est très souvent utilisé dans la clinique car il permet de distinguer plusieurs échelles évaluant diverses sphères comportementales, et permet de recueillir tant le point de vue parental que celui de l'enseignant. Cependant, bien que des symptômes comme les troubles des conduites soient pris en compte, il ne comporte pas d'échelle des TEC en tant que telle.

Strengths and Difficulties Questionnaire

Le *Strengths and Difficulties Questionnaire* (Goodman, 2001) est un questionnaire de 25 items, centré sur les forces et les faiblesses du comportement des enfants de 4 à 16 ans. Il y a une version similaire pour les parents et les enseignants, ainsi qu'une version auto-

rapportée pour les enfants de 11 à 16 ans. Cinq dimensions comportant chacune 5 items sont représentées : l'hyperactivité, les symptômes émotionnels, les troubles des conduites, la relation avec les pairs et les comportements prosociaux. Sur les 25 items au total, 10 ciblent les forces, 14 les difficultés, et l'un est neutre. Ce questionnaire se retrouve régulièrement dans la littérature traitant des TEC chez les jeunes enfants (Brophy, Taylor, & Hughes, 2002; Hughes & Ensor, 2008; Perner, Kain, & Barchfeld, 2002) et présente de bonnes qualités psychométriques, réévaluées par Goodman en 2001 (moyenne des alpha de Cronbach : .73 ; moyenne des corrélation inter-juges : .34 ; moyenne de la fidélité test-retest : .62) et confirmée par Stone, Otten, Engels, Vermulst et Janssens (2010). Cependant, bien que ce questionnaire permette de tenir compte de variables comme la relation aux pairs ou encore les comportements prosociaux, qui jouent un rôle dans l'émergence des TEC, il ne comporte à nouveau pas d'échelle spécifique aux TEC.

Snap-IV

Le *SNAP-IV* est une version modifiée du questionnaire SNAP (Swanson, Nolan, & Pelham, 1992). Il est constitué d'items relatifs aux symptômes du Trouble Déficitaire de l'Attention avec/sans Hyperactivité-Impulsivité (TDAH) et aux symptômes du Trouble Oppositionnel avec Provocation issus du DSM-IV, et contient en outre des items du questionnaire de Conners (Goyette et al., 1978) et du questionnaire IOWA (Milich & Loney, 1982). Les items du SNAP-IV sont cotés de 0 (Pas du tout) à 3 (Énormément) et regroupés en 3 sous-scores : l'inattention, l'hyperactivité/impulsivité et le trouble oppositionnel avec provocation. Roskam, Stiévenart, et al. (2011) ont créé une version francophone sur base d'une traduction en double insu (anglais–français/français–anglais). Les indices psychométriques ont ensuite été réévalués, mettant en évidence de bons indices de consistance interne (Cronbach's alpha = .62 pour les parents et .72 pour les enseignants). Ce questionnaire se retrouve très peu dans la littérature concernant les très jeunes enfants, et ne présente à nouveau pas de score relatif aux TEC.

Profil Socio-Affectif (PSA)

Le *Profil Socio-Affectif* (Dumas, LaFreniere, Capuano, & Durning, 1997; LaFrenière, Dumas, Capuano, & Dubeau, 1992) est un questionnaire composé de 80 items, ciblant les comportements positifs et problématiques de l'enfant. Le parent (ou l'enseignant) doit répondre aux affirmations sur une échelle de Likert allant de 1 (« jamais ») à 6 (« toujours »). Quatre échelles principales sont prises en compte dans le PSA : les compétences sociales, les comportements internalisés, les comportements externalisés et l'adaptation générale. Il est important de noter qu'un score élevé aux échelles du PSA correspond à un comportement ajusté. Par exemple, si le score à l'échelle de TEC est élevé, cela signifie que l'enfant présente peu de TEC. La version originale est utilisée dans des recherches traitant des TEC chez les jeunes enfants (Anthony, Anthony, Morrel, & Acosta, 2005; K. A. Blair, Denham, Kochanoff, & Whipple, 2004; Drugli & Larsson, 2006; Drugli, Larsson, & Clifford, 2007) mais il existe également une version francophone, utilisée également dans ce domaine (Roskam, Meunier, & Stievenart, 2011; Roskam, Stiévenart, et al., 2011). Cette version a été validée en 1988, 1989 et 1990 auprès de 979 enfants

québécois et en 1994 et 1995 auprès de 800 enfants français. Les normes de cette version française concernent les enfants de 2 ans et demi à 6 ans. Dans l'échantillon français, les indices de consistance interne (Cronbach's alpha [α]) se situent entre .79 et .92. En ce qui concerne la fiabilité inter-juges, les corrélations obtenues vont de .70 à .91. Enfin, la fidélité test-retest se situe entre .70 et .84.

Child Behavior CheckList (CBCL)

Le *Child Behavior Checklist* (Achenbach & Rescorla, 2000b) est très largement utilisé dans la littérature (Drugli & Larsson, 2006; Raaijmakers et al., 2008; Utendale, Hubert, Saint-Pierre, & Hastings, 2011; Vanschoonlandt, Vanderfaeillie, Van Holen, De Maeyer, & Robberechts, 2013). Il s'agit d'un questionnaire conçu pour les parents d'enfants de un an et demi à cinq ans. Il est demandé au parent de répondre à des affirmations concernant leur enfant sur une échelle de Likert allant de « ne s'applique pas » (0) à « s'applique plus ou moins ou parfois » (1) ou « s'applique souvent ou toujours » (2) selon que le comportement décrit s'applique plus ou moins bien à leur enfant. Ce questionnaire permet d'obtenir une description d'éventuels troubles émotionnels et comportementaux et des compétences sociales de l'enfant. Deux facteurs principaux sont pris en compte : celui des « comportements internalisés » et celui des « comportements externalisés ». Le premier est obtenu par l'addition des sous-échelles de « réactions émotionnelles » (comprenant 9 items), d' « anxiété/dépression » (comprenant 8 items), de « plaintes somatiques » (comprenant 11 items), de « comportements de retrait » (comprenant 8 items). Le deuxième résulte de l'addition des sous-échelles de « problèmes attentionnels » (comprenant 5 items) et de « comportements agressifs » (comprenant 19 items). Un score sur cette échelle de comportements externalisés est considéré comme « dans la norme » s'il est inférieur à 21, « borderline » entre 21 et 24, et « pathologique » au-dessus de 24. Il existe également une échelle concernant les problèmes de sommeil (comprenant 7 items). Les échelles du CBCL présentent un alpha de Cronbach entre .63 et .86 et la fiabilité test-retest vaut .85.

Nous voyons donc que divers questionnaires sont utilisés dans la littérature du jeune enfant présentant des TEC. Il est parfois difficile de faire un choix quant à l'outil le plus adéquat. En effet, alors que le Conners a déjà prouvé sa grande sensibilité et spécificité, en comparant des groupes ADHD à des groupes contrôles, le PSA a l'avantage d'être normé dès le plus jeune âge (2 ans) et de s'intéresser en outre aux compétences sociales de l'enfant (souvent déficitaires dans les TEC), tandis le CBCL présente l'avantage d'une dissociation de l'échelle externalisée, permettant de faire la part des choses entre des troubles du comportement résultant de difficultés attentionnelles ou d'agressivité. Le choix se fera dès lors en fonction des sphères qui se veulent investiguées. Dans le cadre de notre thèse, notre choix s'est porté d'une part sur le CBCL pour les raisons évoquées plus haut (dissociation de l'échelle des TEC, et utilisation courante dans la littérature concernant les TEC comme outil permettant de fixer les critères d'inclusion aux groupes expérimentaux), et sur le Conners d'autre part, car il fournit en outre des indications sur les symptômes ayant trait aux difficultés d'impulsivité, ce qui se rapproche de notre problématique de l'inhibition.

1.2.2 Mesures objectives

Le « diagnostic » émis au travers des questionnaires, malgré tous les avantages qu'il comporte, est cependant uniquement symptomatique, basé sur les plaintes d'autrui et donc subjectif. Il semble dès lors important de prendre en compte des mesures plus objectives du comportement de l'enfant. Certaines mesures directes sont donc également utilisées pour évaluer les TEC, en général sous forme de paradigme d'observation.

Crowell Mother-Child Interaction Task

Le paradigme d'observation de *Crowell* (Crowell & Feldman, 1988) permet d'observer le comportement du parent et de l'enfant dans des tâches d'apprentissage, de collaboration et de frustration. Plusieurs tâches de frustration peuvent être utilisées au cours de la passation afin de susciter chez l'enfant des émotions négatives, notamment. Par exemple, dans la tâche des Lego (Melnick & Hinshaw, 2000), il est demandé à l'enfant d'effectuer une construction particulière à partir d'un modèle. Néanmoins, une pièce indispensable à la construction est retirée volontairement par l'expérimentateur afin de rendre la tâche impossible à réaliser et de susciter chez l'enfant de la frustration. La séance étant filmée, l'expérimentateur peut ensuite coder différentes dimensions comportementales. Du côté de l'enfant, les affects positifs, la non-compliance, l'irritabilité, l'agression physique, l'enthousiasme et la persévérance constituent les échelles comportementales principales. Du côté du parent, la sensibilité comportementale et émotionnelle, les affects positifs, l'irritabilité et l'agression physique sont évalués. Néanmoins, cette méthode est principalement utilisée afin d'attester de la qualité de la relation parent-enfant rendant difficile l'interprétation d'échelles individuelles notamment en raison du caractère interdépendant des comportements observés. En effet, le comportement du parent et de l'enfant s'influencent réciproquement tout au long des tâches, cela ne permet dès lors pas d'isoler les difficultés comportementales de l'enfant du comportement de son parent. De plus, les corrélations entre les échelles du *Crowell Mother-Child Interaction Task* relatives au comportement de l'enfant et l'échelle de comportements externalisés du CBCL sont relativement faibles, allant de -.10 à .02 (Robinson et al., 2009). Etant donné que nous ne montrions pas d'intérêt à la relation parent-enfant dans cette thèse, et en raison du coût très élevé de la formation au codage de ce paradigme, nous n'avions pas de raisons d'utiliser cette méthode et préférions nous centrer sur une méthode ciblant exclusivement le comportement de l'enfant.

Jeu de deux (SNAP Game)

Le *SNAP game* (Hughes et al., 2002) a été mis au point dans le cadre de travaux portant sur les troubles du comportement chez l'enfant. En 2005, une version francophone (le « *Jeu de deux* ») a été créée dans le cadre du programme de recherche «*H2M Children* » en collaboration avec Hughes et a dès lors été utilisée dans des recherches portant sur les troubles du comportement chez le jeune enfant, où elle est apparue comme une procédure d'évaluation valide et efficace (Meunier et al., 2011; Roskam, Meunier, et al., 2011; Roskam et al., 2010; Roskam, Stiévenart, et al., 2011). Le « *Jeu de deux* » est une situation

de jeu de cartes compétitif standardisé. En effet, l'enfant est invité à choisir un copain avec lequel il va jouer. Ils sont dès lors mis en compétition car ils doivent arriver le plus rapidement possible à la dixième case d'un parcours sur lequel doit grimper une grenouille. Ce que les enfants ignorent c'est que l'ordre des cartes est truqué, de manière à ce que chaque enfant soit placé tour à tour dans une situation de frustration. Ce jeu est filmé, ce qui permet à l'expérimentateur d'observer et de coder, lors des 19 tours, les affects positifs, négatifs, l'agressivité, l'agitation et l'interaction avec les pairs dans une situation écologique. L'accord inter-codeurs est élevé : $r = 0{,}94$ à 0,97. Un facteur de « comportement adaptatif » de l'enfant est calculé sur base des interactions sociales et des affects positifs ainsi qu'un facteur de « comportement externalisé », sur base cette fois des affects négatifs, de l'agitation et de l'agressivité observés chez l'enfant. Des corrélations significatives entre le CBCL (sous-échelles d'agressivité, de délinquance et de comportements externalisés) et le Jeu de deux ont également été mises en évidence (entre .09 et .16 quand les mères complètent le questionnaire, entre .16 et .21 lors de la complétion du CBCL par les enseignants) (Hughes et al., 2002). Plusieurs limites sont cependant à pointer dans ce paradigme. Tout d'abord, il présente le désavantage de nécessiter deux enfants, au minimum, présents lors de l'observation. Mais le principal inconvénient réside dans l'influence du camarade choisi sur le comportement du sujet cible (Meunier et al., 2011).

The Unfair Card Game (UCG)

Afin de pallier aux différents désavantages des paradigmes d'observation présentés ci-dessus, nous avons mis au point dans ce programme de recherche un nouveau paradigme d'observation : le « *Unfair Card Game* » (UCG - Roskam, Stievenart, Brassart, Houssa, Loop, Mouton, Volckaert, Nader-Grosbois, Noël, & Schelstraete, in press), inspiré d'un paradigme chez l'adulte, ciblant la prise de perspective (Bukowski & Samson, in press). Dans l'UCG, l'enfant est invité à jouer avec un partenaire virtuel nommé Thomas. Ce jeu a été conçu de telle manière à induire spontanément des affects positifs, négatifs, de l'agitation et de l'inattention. Il est expliqué à l'enfant que ce jeu va lui permettre de gagner des bonbons. L'enfant est assis à une table, face à l'écran d'ordinateur, à côté de l'examinateur. Lorsque le jeu commence, les instructions sont données à l'enfant par un examinateur virtuel (un adulte filmé au préalable). Deux cartes apparaissent à l'écran, l'une des deux affiche un bonbon. Ensuite les cartes se retournent et commencent à bouger. L'enfant doit alors pointer du doigt la carte présentant le bonbon. Il y a 5 manches à jouer. Chaque bonne réponse donnée par l'enfant fait gagner un véritable bonbon à Thomas, le partenaire virtuel. Après les 5 manches, c'est au tour de Thomas de jouer et il est expliqué à l'enfant qu'un bonbon lui sera donné pour chaque bonne réponse de Thomas. Le jeu est en réalité truqué de telle manière à ce que l'enfant gagne ses 5 manches et fasse donc gagner 5 bonbons à Thomas (phase gagnante). Mais Thomas ne gagne à son tour qu'une seule manche et donc l'enfant ne reçoit qu'un seul bonbon (phase perdante). A la fin du jeu, Thomas s'excuse auprès de l'enfant en disant qu'il a vraiment mal joué et qu'il veut bien partager ses bonbons avec l'enfant. De cette manière, l'enfant revient à un niveau de frustration tolérable. Ce jeu de cartes dure 10 minutes. L'avantage de ce paradigme

d'observation est que nous pouvons contrôler les réactions du partenaire de jeu, puisque chaque enfant est face au même partenaire virtuel (Thomas). Le verbatim de l'expérimentateur est également minutieusement standardisé. Le jeu est filmé, afin de permettre le codage lui aussi strictement standardisé. Quatre dimensions sont codées : les affects positifs (sourires, rires), négatifs (pleurs, insultes), l'agitation (mouvements) et l'inattention (distraction). Pour chacune de ces dimensions, la fréquence et l'intensité sont prises en compte lors du codage, selon une échelle de Likert à 5 points allant de 1 (ni fréquent ni intense) à 5 (très fréquent et intense). La fidélité test-retest sur 8 semaines de l'UCG varie de .26 à .42 en fonction des affects codés. En ce qui concerne la fidélité inter-codeur, un coefficient Kappa pondéré a été calculé et est satisfaisant (.72).

Des corrélations ont également été calculées entre les échelles du CBCL et les 4 dimensions de l'UCG sur 268 sujets, et sont de même ampleur que ce qui a été montré dans la littérature pour ce type de paradigme. Un score élevé sur l'échelle d'agressivité du CBCL est lié à plus d'agitation (r = .16) et à un plus faible niveau d'affects positifs à l'UCG (r = -.19) ; il en est de même pour l'échelle des comportements externalisés (r = .16 et -.18 respectivement) ; en ce qui concerne l'échelle d'attention du CBCL, un score élevé est lié à un plus haut niveau d'affects négatifs (.12) et d'agitation (.15). Pour plus d'informations précises concernant la façon dont nous avons développé ce paradigme d'observation, vous trouverez l'article relatif à l'UCG en Annexe I.

Après avoir dressé la liste des outils les plus communément utilisés dans la littérature concernant les TEC, nous pouvons donc voir l'intérêt des méthodes d'observation directe dans l'évaluation des TEC. En effet, bien que les méthodes d'observation ne permettent d'évaluer le comportement de l'enfant qu'à un instant *t*, elles permettent d'être administrées par le clinicien de manière totalement standardisée et évaluent le comportement réel de l'enfant dans des situations de frustration, amenant dès lors de la valeur ajoutée à ce qu'apportent les informations rapportées par les parents ou les enseignants à travers les questionnaires (Wakschlag et al., 2007), à l'instar des questionnaires hétéro-rapportés qui, bien que subjectifs et très symptomatiques, restent cependant une source précieuse dans l'évaluation des TEC. Une évaluation multi-méthodes et multi-informateurs restent donc primordiale dans ce type de diagnostic (Roskam, Stiévenart, et al., 2011).

1.3 Troubles externalisés du comportement et facteurs associés

Dans la vie de tous les jours, il n'est pas rare de constater une certaine stigmatisation concernant les familles dont un enfant présente des TEC. Les parents sont en général les premiers pointés du doigt, et considérés comme responsables d'une mauvaise éducation. Les choses ne sont pourtant pas aussi simples. En effet, différents facteurs semblent être associés aux TEC (Cohen, 2008; Deater-Deckard, Dodge, Bates, & Pettit, 1998; Guedeney & Dugravier, 2006; Roskam, Kinoo, & Nassogne, 2007; Roskam, Meunier, Stievenart, et al., 2013; Smeekens et al., 2007). Comprendre et identifier ces divers facteurs revêt donc une importance considérable quand on pense aux diverses « cascades développementales » observées chez certains enfants (Masten et al., 2005; Roskam, Meunier, Stiévenart, & Van

de Moortele, 2009b). En effet, il a par exemple été observé dans la première phase du programme de recherche H2M que certaines variables liées à la personnalité de l'enfant, notamment la stabilité émotionnelle, et à ses capacités cognitives (en particulier les capacités d'inhibition) semblaient associées au développement de TEC 6 mois plus tard chez des enfants d'âge préscolaire, et que cela avait un effet « en cascade » un an plus tard sur la qualité de leur relation avec les pairs ou la fratrie, ainsi que la relation parent-enfant (Roskam, Meunier, Stiévenart, & Van de Moortele, 2009a). D'autres auteurs comme Masten et al. (2005) ont mis en évidence ce même type de cascades liant TEC et performances académiques.

Les études de ces dernières années ont mis en évidence de nombreux facteurs associés aux TEC, mais souvent de manière isolée, en fonction de leur orientation théorique. Il semble cependant évident que plusieurs facteurs interagissent de manière différente chez un même sujet (Roskam et al., 2007; Smeekens et al., 2007). Plus encore, tout comme Deater-Deckard et al. (1998), Roskam, Meunier, Stievenart, et al. (2013) montrent que le fait de cumuler des facteurs de risque prédirait de manière très significative la présence de TEC : au plus l'enfant cumule de facteurs de risque, au plus il a une forte probabilité de présenter des TEC. Un élément commun semble néanmoins se dégager des différentes études : il y aurait les facteurs propres à l'enfant lui-même, et ceux propres à son environnement (familial ou autre), au contexte dans lequel l'enfant évolue.

En ce qui concerne les facteurs environnementaux, divers auteurs ont déjà souligné le rôle de facteurs tels que la relation aux pairs, la famille et l'entourage dans l'occurrence de troubles du comportement, voire de criminalité, à l'âge scolaire ou à l'adolescence (Guedeney & Dugravier, 2006; Loeber & Farrington, 2000). Dans leur revue de littérature, Guedeney et Dugravier (2006) rappellent en outre les difficultés liées à l'attachement, aux attitudes parentales (violence, maltraitance, abus sexuels) et au mode éducationnel (usage de punitions, manque de discipline), mais également les influences psychosociales telles que la pauvreté, le rôle des pairs délinquants, l'exposition à la violence ou encore le rôle de la fratrie (la présence d'un enfant présentant des TEC dans la fratrie jouerait un rôle de facteur aggravant). Ils concluent en rappelant que « *ces troubles sont donc le résultat de trajectoires développementales complexes, et il existe manifestement plusieurs voies pour y parvenir comme pour en sortir* » (p.270). Cohen (2008) rapporte également les effets de certaines variables environnementales sur les TEC comme par exemple l'effet des toxiques consommés pendant la grossesse (alcool, stupéfiants, tabac) qui induiraient un risque plus élevé de TDAH.

En ce qui concerne les facteurs propres à l'enfant, on peut notamment mentionner le rôle des compétences langagières et socioémotionnelles. En effet, la littérature montre que les enfants présentant des TEC peuvent entre autres présenter des difficultés tant au niveau du langage formel (articulation, prononciation, production, etc.) que pragmatique (capacité du sujet à utiliser le langage de manière adaptée à la situation sociale) (Desmarais, Sylvestre, Meyer, Bairati, & Rouleau, 2008; Green, Johnson, & Bretherton, 2014; Van Schendel, Schelstraete, & Roskam, 2013). D'autre part, les capacités en cognition sociale semblent également jouer un rôle prédictif dans l'apparition ou non des TEC (Nader-

Grosbois, Houssa, & Mazzone, 2013). Les enfants TEC présenteraient en effet, entre autres, des difficultés en Théorie de l'Esprit (capacité à comprendre les états mentaux et émotions d'autrui afin d'adapter son propre comportement). A l'inverse, présenter de bonnes capacités communicationnelles et pouvoir comprendre les émotions d'autrui joueraient un rôle de facteur de protection.

Chez l'enfant d'âge scolaire (enfants tout venant de 5 à 10 ans), Deater-Deckard et al. (1998) ont mis en évidence divers facteurs de risque pour le développement des TEC. Ils ont mesuré 20 variables, tenant compte de quatre domaines spécifiques : la *parentalité* comme par exemple les punitions, la chaleur humaine, l'implication du père biologique, les conflits parentaux ou encore l'exposition à la violence ; *l'expérience avec les pairs* comme par exemple le rejet ; les *risques socio-culturels* comme la pauvreté, la structure de la famille (par exemple le fait de vivre avec une mère célibataire), le stress parental (aussi rapporté par Cohen (2008)) ou encore l'isolation sociale ; et enfin les *facteurs de risque liés à l'enfant* comme par exemple les problèmes de santé durant l'enfance, le sexe (le fait d'être un garçon serait un facteur de risque) ou le tempérament (comme par exemple l'irritabilité). Les auteurs ont observé que 18 de ces 20 variables corrélaient avec la présence de TEC. Il eut cependant été intéressant de prendre en compte au niveau de l'enfant des variables purement cognitives, compte tenu du lien étroit qu'entretiennent les FE et les TEC et que nous détaillerons plus loin dans ce chapitre, mais également de mesurer les TEC d'une manière plus objective que par des questionnaires, tout comme les facteurs de risque qui ont été évalués lors d'interviews à domicile.

Plus récemment, Roskam, Meunier, Stievenart et Noël (2014) ont observé, chez de jeunes enfants âgés de 3 à 5 ans présentant ou non des TEC, le rôle de deux facteurs de risque liés à la famille, la parentalité et l'attachement, et de deux facteurs de risque liés à l'enfant, la personnalité et les capacités d'inhibition. Des mesures pour chaque facteur ont été prises quand les enfants avaient entre 3 et 5 ans (temps 1), alors que les mesures concernant les TEC ont été prises au même moment mais également 24 mois plus tard (temps 2). Les résultats montrent que chacun des quatre facteurs de risque mesurés au temps 1 corrèle avec les TEC au temps 2, et permettent de discriminer efficacement les enfants présentant des TEC des enfants tout-venant. En particulier, cette étude nous montre que les capacités cognitives de l'enfant, et plus précisément les capacités d'inhibition, semblent jouer un rôle dans l'occurrence des TEC. En effet, au plus les performances d'inhibition sont faibles au temps 1, au plus l'enfant risque de présenter des TEC au temps 2. C'est de ce lien précis qu'il s'agira tout au long de cette thèse, et que nous détaillerons au point 3 de ce chapitre.

2. Développement des fonctions exécutives

Nous avons désormais un aperçu plus précis de ce que représentent les TEC. Les capacités exécutives semblant jouer un rôle dans l'émergence de ces troubles, il semble important de revenir quelques instants sur leur définition ainsi que sur le développement de celles-ci au cours de la petite enfance. Dans cette section, nous n'aurons pas pour but de

confirmer ou réfuter les modèles existants dans la littérature, mais plutôt de faire un état des lieux général des modèles prédominants.

2.1 Définition générale

Les FE constituent un ensemble de mécanismes cognitifs permettant l'adaptation du sujet à des situations nouvelles et la mise en place de conduites complexes, en autre lorsque des routines ne suffisent plus ou sont inappropriées (Van der Linden et al., 2000). Elles occupent une place centrale dans le contrôle émotionnel et les interactions sociales, jouant un véritable rôle régulateur du comportement (P. Anderson, 2002). Les FE sont également considérées comme des processus mentaux de haut niveau, utilisés entre autres pour initier, moduler et inhiber l'attention nécessaire pour se concentrer sur une cible, et adapter son comportement en fonction des circonstances (Diamond, 2012). En effet, lorsque nous devons maintenir notre attention, coordonner des tâches simultanément, inhiber des réponses inadéquates ou encore corriger une réponse erronée, les FE agissent en tant que processus contrôlé et conscient, à l'inverse des situations impliquant un comportement automatique inconscient (Rabbitt, 2004). Dans la vie de tous les jours, les plaintes amenées par les parents concernant les difficultés exécutives de leurs jeunes enfants se traduisent souvent par une incapacité à attendre son tour pour parler, à ne pas toucher à tout lorsqu'ils se baladent dans un magasin, à retenir une consigne.

Les FE mettent en jeu un large circuit neuronal impliquant principalement, mais pas uniquement, les aires préfrontales du cerveau (V. Anderson, Jacobs, & Anderson, 2011). Lors d'investigations par imagerie fonctionnelle, des activations significatives au niveau du cortex préfrontal ont par ailleurs été mises en évidence chez des sujets effectuant des tâches de FE (P. Anderson, 2002). Des activations au niveau d'aires cérébrales antérieures et postérieures ont cependant également été observées lors de la réalisation de tâches exécutives (Collette & Van der Linden, 2002). Collette, Hogge, Salmon, et Van der Linden (2006) ont exploré l'activation des différents substrats neuronaux lors de la réalisation de tâches impliquant les FE. Bien que chaque tâche, qu'elle évalue la mémoire de travail, l'inhibition, ou encore la flexibilité, induise une activation au niveau frontal, une activation postérieure supplémentaire est observée, spécifique à chaque FE impliquée.

Le cortex préfrontal serait la partie cérébrale qui arriverait le plus tardivement à maturité. Cette maturation se produirait par « vagues » dès les premiers mois de vie, et ce jusqu'à l'adolescence, avec une période d'importante maturation à l'âge préscolaire (5-6 ans). En effet, le développement des FE débuterait en réalité dès les premiers mois de vie, se poursuivant jusqu'à l'âge adulte (pour des revues complètes voir notamment Best, Miller, & Jones, 2009; Chevalier, 2010; Garon, Bryson, & Smith, 2008; Monette & Bigras, 2008). Nous verrons que l'intérêt pour l'étude des FE chez les enfants s'est vu croître considérablement ces dernières années.

2.2 Modèles théoriques

Différentes terminologies sont utilisées pour faire référence aux FE: contrôle exécutif, contrôle cognitif, fonctionnement exécutif, attention exécutive, etc. (Chevalier, 2010). D'autre part, divers modèles des FE ont émergé dans la littérature depuis une vingtaine d'années : unitaire, bi-factoriel, tri-factoriel. Le principal questionnement à propos des FE est en effet de reconnaître leur caractère unitaire ou non. Les études que nous allons rapporter ci-après montreront cependant qu'une certaine tendance semble se dégager.

Le modèle du Système Attentionnel Superviseur de Norman et Shallice (1986) (illustré par Gilbert et Burgess, 2008 dans la Figure 2) est basé sur l'idée que nous pouvons réaliser un grand nombre d'activités routinières de manière automatique, alors que dans d'autres cas (telles que les situations nouvelles qui impliquent une certaine planification) il est nécessaire d'opérer un contrôle attentionnel volontaire. C'est alors précisément dans ce type de situations requérant la mise en œuvre de processus contrôlés que les FE entreraient en jeu, par l'intermédiaire du Système Attentionnel Superviseur, qui ne serait donc pas un mécanisme général unitaire mais remplirait plusieurs fonctions sous-tendues par des régions frontales différentes (Shallice & Burgess, 1991). Les auteurs tentent alors de décomposer les différents processus entrant en jeu dans le Système Attentionnel Superviseur et distinguent l'établissement d'un but, la formulation préalable d'un plan, la création et le déclenchement de marqueurs permettant de considérer une situation comme non routinière.

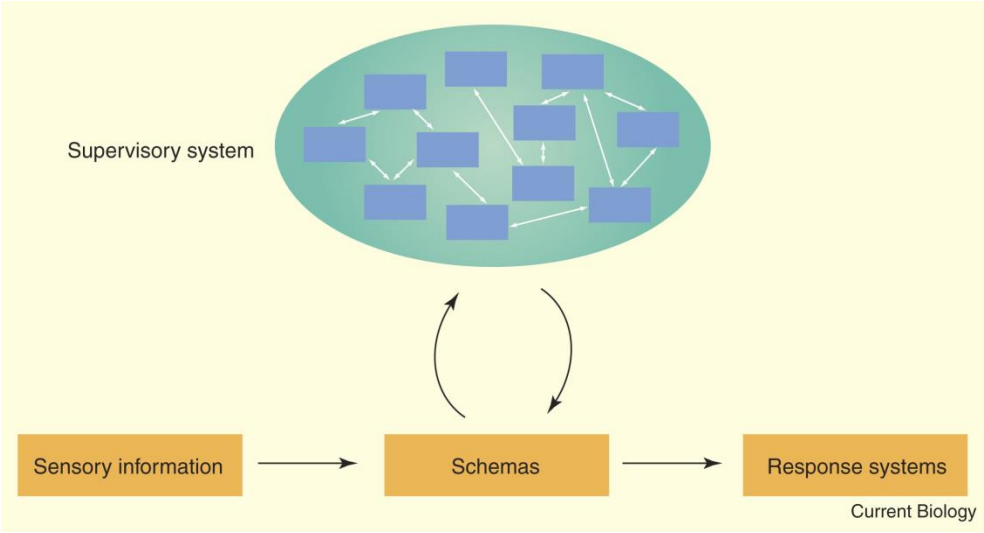


Figure 2. Modèle du Système Attentionnel Superviseur des FE (Norman & Shallice, 1986) illustré par Gilbert et Burgess (2008)

Viennent ensuite les travaux de Miyake et al. (2000) chez l'adulte, qui ont voulu observer si les trois FE les plus souvent rencontrées dans la littérature, à savoir l'« updating » (mémoire de travail), le « shifting » (flexibilité) et l'inhibition[1], doivent être considérées comme étant unitaires ou séparables. Dans ce but, ils ont observé les résultats de 137 adultes dans des tâches censées mesurer spécifiquement chaque fonction : 3 tâches mesurant la flexibilité (Plus-Minus, Number-Letter et Local-Global), 3 tâches mesurant la mémoire de travail (Keep Track, Tone Monitoring et Letter Memory) et 3 tâches mesurant l'inhibition (Antisaccade, Stop Signal et Stroop). Comme représenté dans la Figure 3, les résultats des analyses confirmatoires factorielles des auteurs montrent trois fonctions distinctes. D'autre part, même si les corrélations entre les neuf tâches ne sont pas élevées, ils observent que les tâches individuelles censées évaluer la même fonction, qu'ils nomment « variables manifestes », corrèlent davantage 3 par 3. Les trois fonctions principales, nommées « variables latentes », bien que relevant de trois fonctions différentes, corrèlent également de manière modérée et seraient donc néanmoins liées par un mécanisme commun. Les auteurs concluent donc que les FE, bien que séparables, gardent également une certaine unité. Dans une deuxième partie de leur recherche, Miyake et al. (2000) rapportent que ces trois fonctions séparables entreraient en jeu, ensemble, dans la réalisation de tâches exécutives plus complexes comme le test du tri des cartes, la Tour de Londres ou encore des tâches d'empan.

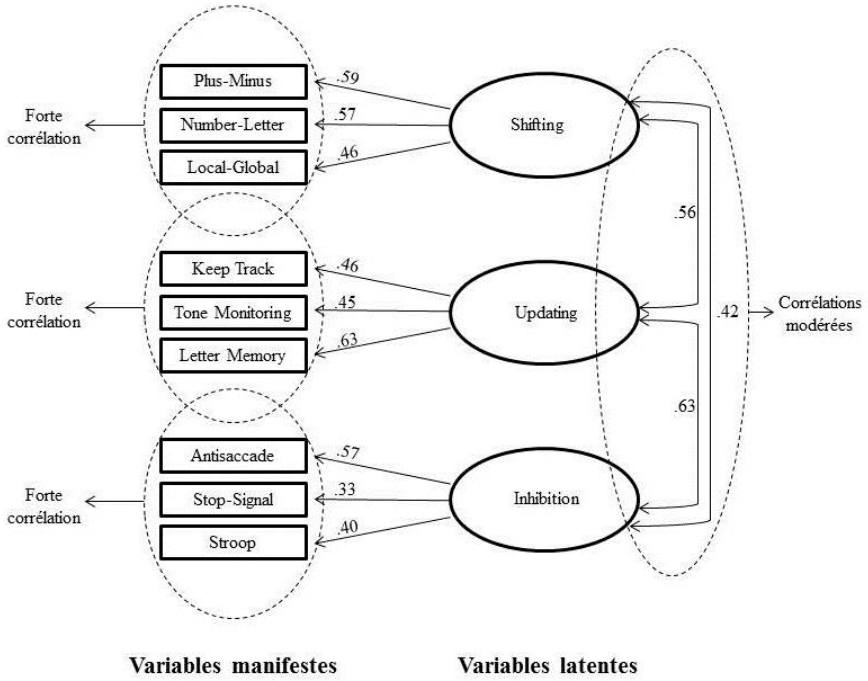


Figure 3. Représentation du modèle à trois facteurs de Miyake et al. (2000)

[1] Ces divers concepts seront définis de manière détaillée dans les pages à venir

Notons par ailleurs que Miyake et Friedman (2012) reviennent sur leur modèle en ajoutant une composante supplémentaire aux FE : la planification. Celle-ci entrerait en jeu principalement lors de la résolution de problème. Les capacités de planification seraient par exemple importantes lorsqu'il s'agit de séquencer ses idées avant de parler, mais également lors de la réalisation des différentes étapes d'un exercice en milieu scolaire, lors de la réalisation d'une recette de cuisine, etc.

En 2013, Diamond postule que les trois FE « principales » que sont la mémoire de travail, la flexibilité et l'inhibition serviraient de fondations pour des FE de plus niveaux, telles que la résolution de problème, le raisonnement, et la planification. Cela rejoint les résultats de Miyake et al. (2000) développés ci-dessus. Elle y ajoute le concept de « self-regulation » qui serait défini comme l'aptitude à réguler ses propres émotions et partagerait certains procédés avec le contrôle inhibiteur (Figure 4).

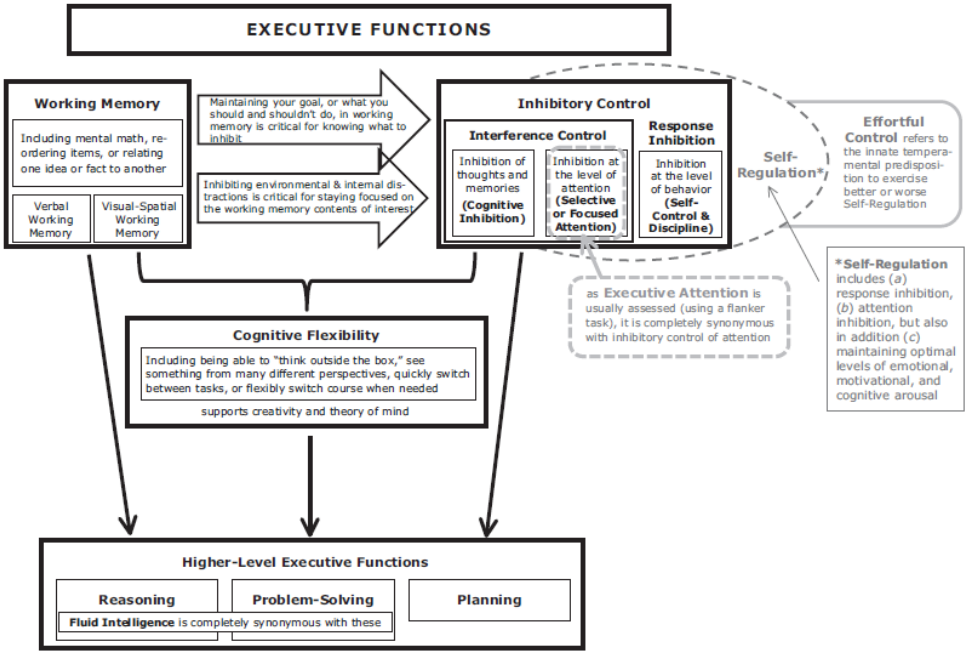


Figure 4. Proposition de modèle des FE selon Diamond (2013)

Chez l'enfant, de plus en plus de chercheurs se sont attardés sur cette question des modèles exécutifs. En effet, le développement des FE se poursuivant tout au long de l'enfance/adolescence, on pourrait imaginer que la modélisation des FE soit différente chez l'enfant et l'adulte. Les diverses études chez l'enfant mettent en évidence une certaine évolution dans le caractère « unitaire/non-unitaire » des FE. En effet, il semblerait qu'un

modèle unitaire soit plus pertinent chez les enfants les plus jeunes, évoluant avec l'âge vers un modèle bi- puis tri-factoriel, rejoignant alors la conception de Miyake et al. (2000).

Wiebe et al. (2011) se sont attardés sur la structure des FE chez 228 enfants de 3 ans. Etant donné la maturation importante des FE entre 3 et 5 ans (S. M. Carlson, 2005), ces auteurs insistent sur l'importance de pouvoir conceptualiser la structure des FE à ce stade critique de développement, ce qui devrait permettre, en autres, de créer des interventions préventives efficaces destinées aux enfants présentant des difficultés dès le plus jeune âge. Leurs analyses factorielles mettent en évidence la supériorité du modèle unitaire. Les auteurs concluent qu'à 3 ans, en pleine émergence des capacités de FE, ces dernières apparaissent unitaires, comme faisant partie d'un procédé plus général. Ces résultats confirment une première étude menée par ces mêmes auteurs en 2008, mettant en évidence la supériorité du modèle unitaire des FE chez 243 enfants âgés entre 2 ans 4 mois et 6 ans (Wiebe, Espy, & Charak, 2008), ainsi que les résultats des recherches de Hughes, Ensor, Wilson et Graham (2009) arrivant aux mêmes conclusions lors d'une étude longitudinale chez 191 enfants testés à 4 et 6 ans. D'après ces derniers auteurs, ce modèle unitaire serait valable aux deux âges.

Lorsqu'on avance dans l'âge des sujets recrutés, on observe que le modèle unitaire laisse place à un modèle plutôt bi-factoriel. van der Ven, Kroesbergen, Boom et Leseman (2013) ont en effet mis en évidence chez des enfants de 6 ans un modèle des FE à 2 facteurs : l'updating (mémoire de travail) d'une part, et un facteur combinant l'inhibition et le shifting (flexibilité) d'autre part. Les auteurs n'ont effectivement pas pu mettre en évidence une indépendance entre ces deux dernières composantes. Une des raisons pourrait être le fait, qu'à cet âge, la maturation cérébrale est toujours en cours. Récemment Lee, Bull et Ho (2013) sont arrivés aux mêmes conclusions : les enfants de 5 à 13 ans présenteraient un modèle à deux facteurs, et ce n'est qu'à l'âge de 15 ans que le modèle à trois facteurs émergerait. Lehto, Juujärvi, Kooistra et Pulkkinen (2003) ont cependant mis en évidence le même modèle tri-factoriel que Miyake, chez une population de 108 enfants de 8 à13 ans. Ce modèle à trois facteurs émergerait donc peut-être déjà un peu plus tôt.

Il semble donc que la maturation cérébrale puisse être responsable de l'hétérogénéité des résultats concernant l'unité ou non des FE en fonction de la tranche d'âge. Cependant, on peut se poser des questions concernant le choix des épreuves dans les différentes études, qui sont forcément toutes différentes en fonction de l'âge, que ce soit chez l'enfant ou l'adulte. Les tâches sont rarement « pures » et permettent rarement une évaluation des FE en les dissociant clairement.

Un exemple assez marquant concerne les résultats de la récente étude de Miller, Giesbrecht, Müller, McInemey et Kerns (2012). En effet, ces auteurs ont également observé la structure des FE chez 131 enfants entre 3 et 5 ans. Bien qu'ils aient répliqué dans un premier temps les résultats observés par Wiebe et al. (2008) et Wiebe et al. (2011) (c'est-à-dire qu'ils ont mis en évidence un modèle unitaire des FE) en tâchant de sélectionner minutieusement des épreuves qui se rapprocheraient le plus possible de celles utilisées par ces auteurs, Miller et al. (2012) testent une seconde analyse factorielle dans un second

temps, en ajoutant des épreuves supplémentaires évaluant la mémoire de travail, la flexibilité et l'inhibition. Ces nouvelles analyses indiquent alors l'existence d'un modèle à deux facteurs (mémoire de travail et inhibition). Miller et al. (2012) pointent donc du doigt le fait que la structure des FE chez les très jeunes enfants dépend fortement des tâches sélectionnées par les chercheurs et qu'il est donc encore actuellement parfois difficile de se positionner sur la question, même si une tendance semble se dégager.

Bien que les modèles théoriques des FE se soient en général basés sur des FE purement cognitives, il est également important de citer certains travaux comme ceux de Zelazo et Müller (2002) dont le modèle théorique s'écarte des dissociations fréquemment rencontrées. En effet, ces auteurs proposent de scinder les FE en termes de FE « cold » (froides) ou « hot » (chaudes) : les FE froides entreraient en jeu dans des problèmes abstraits ou décontextualisés, faisant référence à l'aspect cognitif des FE et associé aux régions dorsolatérales du cortex préfrontal, alors que les FE chaudes, entreraient plutôt en jeu dans des situations impliquant des enjeux émotionnels/motivationnels et faisant alors référence à l'aspect plus « affectif/émotionnel » des FE associé au cortex préfrontal ventromédian (Happaney, Zelazo, & Stuss, 2004; Zelazo & Müller, 2002). Les FE froides sont en général évaluées grâce à des tâches « classiques » purement cognitives (Stroop, Go-NoGo, WSCT, etc.) alors que les FE chaudes sont mesurées à l'aide de tâches impliquant en général une prise de décision ayant une conséquence émotionnelle (gain ou perte). Nous décrirons plus en détails dans la section suivante les tâches les plus souvent utilisées chez les enfants d'âge préscolaire pour évaluer les FE chaudes. Cette distinction « chaudes / froides » a reçu un appui empirique avec l'étude de Hongwanishkul, Happaney, Lee et Zelazo (2005) qui ont en outre montré que les FE tant chaudes que froides se développaient de manière rapide pendant la période préscolaire. Bien qu'ils rapportent que les FE froides semblent corréler entre elles, et formeraient dès lors un « construit » fonctionnel relativement cohérent, ils n'ont pas pu mettre en évidence de corrélation significative entre les épreuves de FE chaudes.

Nous voyons donc que les études concernant la conceptualisation des FE chez les enfants, même très jeunes, se sont vues multipliées ces dernières années. Bien que le caractère non-unitaire des FE prôné par Miyake et al. (2000), à savoir l'existence d'au moins trois composantes distinguables qui seraient considérées comme les processus exécutifs fondamentaux mais qui corrèleraient cependant très bien entre elles, semble déjà observé au début de l'adolescence, il semblerait qu'un modèle plus unitaire convienne davantage pour définir les FE chez le jeune enfant. Dans les sections qui suivront, nous nous attarderons sur la définition et le développement des principaux composants de FE cités ci-dessus.

2.3 Définition et développement des différents composants

Pendant longtemps, on a considéré que le cortex préfrontal n'était opérationnel qu'à l'adolescence. Ce n'est que depuis une dizaine d'années que l'on a admis qu'il était en réalité déjà bel et bien actif dès la première année de vie et que, par conséquence, le

développement des FE commençait dès lors dès ce jeune âge (Zelazo & Müller, 2002). Le développement des FE suit en réalité une courbe en U inversé. En effet, elles sont les dernières à arriver à maturation pendant l'enfance/adolescence, mais ensuite les premières à se dégrader lors du vieillissement (Zelazo, Craik, & Booth, 2004). Il semblerait cependant que les différentes composantes des FE se développeraient à des rythmes différents (pour des revues complètes voir notamment : Chevalier, 2010; Garon et al., 2008; Huizinga, Dolan, & van der Molen, 2006; Monette & Bigras, 2008). Dans leur étude, Huizinga et al. (2006) ont inclus quatre groupes de sujets de 7, 11 15 et 21 ans et les ont testé sur plusieurs tâches informatisées d'inhibition, de mémoire de travail et de flexibilité. Les auteurs ont montré que l'inhibition et la flexibilité n'atteignaient leur niveau de maturité qu'à l'adolescence et que la mémoire de travail ainsi que la vitesse de traitement continuaient encore de se développer au début de l'âge adulte. Nous rappellerons dès lors ci-dessous les grandes lignes de l'acquisition des capacités de FE au cours de l'enfance, suivant l'ordre de développement de celles-ci. En effet, dès les premiers mois de vie, les prémices de la mémoire sont observés (Garon et al., 2008). Alors que ces capacités continuent de se développer en parallèle, nous verrons que l'enfant commence à être doué de certaines capacités d'inhibition, et ce n'est que plus tard que la flexibilité se développera. Bien que la planification soit également considérée depuis peu comme une FE à part entière, nous nous centrerons dans la suite de cette section sur les trois FE principales que sont la mémoire de travail, l'inhibition et la flexibilité, qui feront l'objet de nos investigations dans la partie empirique de cette thèse, ainsi la composante attentionnelle des FE. Nous avons pris la décision dans nos recherches expérimentales de ne pas inclure de mesure de planification en raison de peu d'outils disponibles pour cette tranche d'âge.

2.3.1 La mémoire de travail

La mémoire de travail implique de retenir une information en mémoire à court terme et d'effectuer des transformations sur cette information tout en éliminant l'information non-pertinente (Baddeley & Hitch, 1994; Monette & Bigras, 2008). Les données neuropsychologiques et de neuroimagerie montrent que le cortex préfrontal dorsolatéral est impliqué lors des tâches de mémoire de travail, tant chez les adultes que chez les enfants (Hongwanishkul et al., 2005).

L'essentiel de la recherche considère actuellement un modèle à trois facteurs de la mémoire de travail, basé sur les recherches de Baddeley (Baddeley & Hitch, 1994) qui met en évidence trois composants : un administrateur central qui coordonne deux systèmes esclaves de stockage, la boucle phonologique et le calepin visuo-spatial qui stockent respectivement les informations verbales et visuo-spatiales. Baddeley ajoute néanmoins un quatrième composant à la mémoire de travail: le tampon épisodique (Baddeley, 2000), qui serait responsable du stockage d'informations multimodales (épisodiques, visuelles, sémantiques ou verbales). Le modèle initial à trois facteurs a également été mis en évidence chez des enfants de 6 ans (Gathercole, Pickering, Ambridge, & Wearing, 2004). Les auteurs ont par contre éprouvés des difficultés à confirmer ce modèle chez les enfants plus jeunes de leur échantillon (4-5 ans) en raison du plus faible nombre de tâches ayant pu être administrées à cet âge.

Cowan (2012) a proposé récemment un modèle alternatif de la mémoire de travail, centré d'une part sur le fait que les représentation en mémoire de travail constitueraient un sous-ensemble de représentations activées en mémoire à long terme, et d'autre part sur la dimension du « focus attentionnel ». En effet, si une information est activée en mémoire de travail, cela serait dû à une activation plus forte de cette information grâce à une focalisation attentionnelle plus importante dirigée vers celle-ci. Dans le même ordre d'idées, Barroulliet et ses collaborateurs ont proposé un nouveau modèle de mémoire de travail : le « modèle de partage temporel des ressources » (Time-based Resource Sharing Model : Barrouillet, Bernardin, & Camos, 2004; Barrouillet & Camos, 2007; Camos & Barrouillet, 2014). Ce modèle repose sur quatre hypothèses : (1) le maintien et le traitement de l'information en mémoire de travail reposerait sur les ressources attentionnelles qui sont limitées. (2) chaque traitement est séquentiel ce qui signifie que lorsqu'un traitement est en cours pour traiter une information, il nécessite un certain focus attentionnel qui dès lors n'est plus accessible pour le maintien des autres informations en mémoire. (3) afin d'être maintenue en mémoire, les informations sur lesquelles l'attention ne porte plus doivent être constamment réactivées/rafraichies par refocalisation attentionnelle. (4) ce partage attentionnel ne pourrait se faire que par un processus d'alternance de l'attention entre traitement et maintien de l'information (Camos & Barrouillet, 2014). En d'autres termes, lorsqu'une tâche « accapare » l'attention sur une trop longue période, elle ne permet pas la réactivation attentionnelle nécessaire au maintien d'une autre information en mémoire de travail. C'est ce que les auteurs nomment la « charge cognitive », à savoir *« la proportion de temps pendant laquelle une tâche capte l'attention et entrave les activités simultanées qui nécessitent des processus centraux telles que le rafraichissement des traces mnésiques. Elle correspond donc au rapport entre la durée de la capture attentionnelle et le temps total pour exécuter la tâche »* (Camos & Barrouillet, 2014). Les auteurs ont testé ce modèle à l'aide d'une tâche d'empan de lecture de chiffres (Barrouillet et al., 2004). Dans cette épreuve, le sujet doit maintenir et rappeler une série de lettres de longueur croissante en lisant simultanément des chiffres. Les stimuli apparaissent sur un écran, un à la fois, soit une lettre à retenir, soit un chiffre à lire. Le nombre de chiffres présentés après une lettre ainsi que l'intervalle inter-lettre variait dans le but de manipuler la charge cognitive de la tâche de lecture. Les résultats ont montré que plus le nombre de chiffres à lire augmentait ou moins le temps de lecture était long, plus il était difficile pour le sujet de réactiver les traces mnésiques, ce qui résultait en un plus faible rappel des lettres. Il y a donc bel et bien une corrélation entre l'empan et la charge cognitive engendrée par la tâche secondaire. Ce modèle a également été étudié chez des enfants de 10 ans et les auteurs arrivent aux mêmes observations que chez l'adulte (Portrat, Camos, & Barrouillet, 2009). Enfin, d'après Barrouillet et ses collaborateurs, en grandissant, l'enfant développerait de plus grandes capacités d'alternance attentionnelle et c'est ce qui entrerait entre autres en jeu dans le développement de la mémoire de travail.

Actuellement, c'est en général la conception de Baddeley qui est la plus reconnue dans les diverses études ayant trait à la mémoire de travail. C'est également celle qui est acceptée par la majorité des cliniciens. Dans l'ensemble de nos recherches liées à cette thèse, nous avons également tenu compte du modèle de Baddeley en ce qui concerne la

mémoire de travail. Cela n'exclut pas pour autant les nouvelles conceptions théoriques décrites ci-dessus qui montrent que chaque FE semble liée à d'autres et qu'une tâche n'est jamais totalement pure.

En ce qui concerne le décours temporel du développement des capacités en mémoire de travail, les enfants, aux environs de l'âge de six mois, semblent déjà capables de retenir une information en mémoire à court terme pour une très petite période de temps (Garon et al., 2008). Reznick, Morrow, Goldman et Snyder (2004) ont également montré chez 26 enfants âgés entre 4 mois et demi et 6 mois et demi, que les enfants étaient en effet capables de se souvenir de la localisation d'un objet après un délai d'une à deux secondes dès l'âge de 6 mois. Ce serait dès lors les prémices de la mémoire de travail. Ce qui évolue ensuite est le délai pendant lequel le très jeune enfant pourra retenir en mémoire la localisation (Pelphrey & Reznick, 2003). Les enfants d'un an verrait ce délai augmenter jusqu'à 10 secondes. A cet âge, les enfants seraient en outre capables de retrouver l'objet parmi quatre localisations différentes, ce qui met également en évidence une augmentation de la capacité en mémoire de travail dès ce jeune âge (Pelphrey et al., 2004).

Après l'âge de deux ans, les tâches utilisées pour évaluer la capacité de rétention d'une information sont plutôt de type empan verbal ou visuo-spatial. Les performances dans ce type de tâches augmentent fortement à la période préscolaire mais continuent d'évoluer au cours de l'enfance. Le même pattern développemental est observé dans les tâches d'empan envers, nécessitant la manipulation d'informations (Garon et al., 2008).

Les épreuves de mise à jour de type « self-ordered pointing task » (SOPT; Petrides & Milner, 1982), où l'enfant doit pointer un stimulus toujours différent de celui précédemment pointé parmi des stimuli qui changent d'ordre d'un essai à l'autre, semblent par contre réussies après 3 ans seulement.

Enfin, l'amélioration des performances en mémoire de travail chez les jeunes enfants serait fortement corrélée avec une amélioration de la vitesse de traitement (Fry & Hale, 2000).

2.3.2 L'inhibition

La définition la plus courante de l'inhibition fait référence à la capacité à supprimer une réponse prédominante, automatique, qui n'est cependant pas adéquate pour la situation en cours (Friedman et al., 2008).

L'inhibition fait partie intégrante de notre quotidien : nous devons inhiber des informations non-pertinentes afin de focaliser notre attention sur une cible ou encore inhiber des réponses inhabituelles afin d'atteindre un but. L'inhibition est impliquée dans les mécanismes d'attention mais également de flexibilité et de mémoire de travail, tout comme dans le contrôle du comportement. Elle est considérée comme un concept multidimensionnel, comme un « système » regroupant différents processus complexes, et tout comme le concept de FE, plusieurs taxonomies ont été mises en évidence. Cependant, la nature de ces fonctions distinctes diffère d'un auteur à l'autre. Nous rappellerons ici les taxonomies les plus citées dans la littérature. Ainsi, alors que Dempster (1992) distingue les

processus d'inhibition en fonction de la source de l'interférence à laquelle le sujet doit résister, à savoir motrice, verbale ou perceptive, Harnishfeger (1995) rapporte que les mécanismes d'inhibition peuvent être classés selon trois dimensions. Avant tout, il y a le caractère intentionnel ou non de l'inhibition. En effet, un stimulus considéré comme non-pertinent sera intentionnellement inhibé, alors que dans le cas contraire il s'agit d'un procédé relevant plutôt de l'inconscience. L'auteure distingue ensuite l'inhibition comportementale, relevant plutôt de l'inhibition d'une réponse motrice (capacité à réfréner des comportements moteurs automatiques) ou de la gestion de l'impulsivité, et l'inhibition cognitive ou verbale, relevant plutôt de processus mentaux comme la suppression de pensées non-pertinentes. Cette catégorisation ne diffère en réalité pas tant que ça de la conception de Dempster, dans le sens où ce que Harnishfeger considère comme de l'inhibition comportementale ou cognitive/verbale pourrait être considéré respectivement comme la résistance à l'interférence motrice ou verbale selon Dempster. Enfin, Harnishfeger distingue l'inhibition de la résistance à l'interférence.

Nigg (2000) a proposé quant à lui une taxonomie intégrative des processus d'inhibition. Il distingue trois formes d'inhibition:

- *L'inhibition motivationnelle* qui représente l'interruption d'une réponse en cours due à une certaine anxiété ou peur immédiate. Elle se compose elle-même de deux sous-types d'inhibition : *La réponse à la nouveauté* ou *aux indices de punition*.
- *L'inhibition automatique* qui correspond à l'orientation automatique de l'attention vers une cible, en fonction d'un but déterminé. Elle comprend d'une part la suppression de stimuli récemment inspectés lorsqu'une nouvelle cible apparaît (= inhibition de retour) et d'autre part la suppression de tout déplacement attentionnel vers une information apparaissant à un endroit inattendu lorsque l'attention est localisée ailleurs.
- *L'inhibition exécutive* qui correspond au processus de contrôle intentionnel ou de suppression d'une réponse au service d'un but à plus long terme. Cette composante est divisée en quatre sous-groupes :
  - *Le contrôle de l'interférence* qui représente la suppression de distracteurs entrant en compétition avec la cible et pouvant ralentir la réponse désirée.
  - *L'inhibition cognitive* : qui représente la suppression d'une information non-pertinente en mémoire de travail.
  - *L'inhibition comportementale* qui contrôle les réponses motrices en supprimant les réponses prédominantes.
  - *L'inhibition oculomotrice* qui représente l'inhibition du réflexe portant sur les saccades oculaires.

Friedman et Miyake (2004) considèrent ces diverses théories, et mesurent trois composantes d'inhibition sur 220 sujets adultes:

- *L'inhibition d'une réponse dominante* : il s'agit de l'inhibition telle que Miyake et al. (2000) l'ont défini et fait référence à la capacité à inhiber délibérément une réponse automatique.
- *La résistance à l'interférence proactive* : l'interférence proactive fait référence à l'inhibition d'une réponse prédominante mais non-pertinente, et donc à la capacité

de rétention délibérée d'une réponse automatique et surapprise. Elle entre par exemple en jeu lorsque l'on doit prendre un chemin inhabituel pour aller sur notre lieu de travail, alors que nous avons en tête le chemin que nous faisons quotidiennement.

- *La résistance à l'interférence des distracteurs* : l'interférence des distracteurs intervient dans des situations où plusieurs réponses sont possibles, sans qu'il y en ait une particulièrement prépondérante. C'est par exemple le cas lorsque l'on est à un cocktail et que nous devons prêter attention à l'une des personnes qui nous parle et nous pose une question, à laquelle nous devons répondre sans porter notre attention sur les autres conversations aux alentours.

Leur analyse confirmatoire montre que le meilleur modèle statistique regroupe les deux premiers types d'inhibition en une seule variable latente, bien distincte de la résistance à l'interférence, qui agirait comme une dimension indépendante.

Récemment, Gandolfi, Viterbori, Traverso et Usai (2014) ont observé la structure de l'inhibition chez des enfants de 24-32 mois et 36-48 mois. Ils ont mis en évidence un modèle à facteur unique indifférencié pour le plus jeune échantillon, alors qu'un modèle à deux facteurs est observé chez les enfants de 36-48 mois, différenciant l'inhibition d'une réponse prédominante[2] de la suppression de l'interférence[3]. Il semblerait donc qu'avant l'âge de 3 ans l'inhibition puisse être considérée comme un construit unique et que la différentiation ne se fasse qu'après cet âge. Très jeune, l'enfant serait capable d'inhiber une réponse prédominante mais ce ne serait que plus tard que se développerait la capacité à supprimer l'interférence, ce qui plaide à nouveau en faveur d'un développement asynchrone des FE.

Etant donné le nombre important de définitions de l'inhibition au sein de la littérature, il n'est pas aisé d'extraire une trajectoire précise du développement de l'inhibition. Si le développement de la mémoire de travail et de la flexibilité semble s'opérer de manière relativement linéaire dans le temps, il semblerait que l'inhibition se développe de manière relativement accélérée dans les premières années de vie (Best et al., 2009). Vers quatre mois, le bébé réussit un paradigme d'antissaccades (Johnson, 1995). Dès l'âge de 12 mois, l'enfant réussit une épreuve de type « A-non-B » mais également une épreuve de type « object retrieval » (Diamond & Gilbert, 1989). Dans cette dernière tâche, un objet attractif est mis dans une boîte transparente qui ne peut s'ouvrir que d'un côté mais qui est visible de tous les côtés. Ce n'est que vers 12 mois que l'enfant est capable de tourner la boîte pour passer la main à l'endroit ouvert de la boîte. Avant cet âge, l'enfant persévère en tentant de passer sa main sur les côtés fermés. Vers trois ans, l'enfant est ensuite capable de réaliser des tâches de type Go-NoGo et des tâches simplifiées de type Stroop (Garon et al., 2008).

[2] Une des tâches les plus utilisées pour mesurer cette facette de l'inhibition est la tâche du Day/Night (inhibition d'une réponse verbale prédominante). Dans cette tâche, le sujet doit dire « nuit » lorsqu'il voit une carte représentant un soleil, et « jour » lorsque cette carte représente la lune.

[3] Un exemple très connu de tâche évaluant le contrôle de l'interférence est le test de Stroop. En effet, dans sa version classique, le sujet doit d'abord dénommer les mots de couleur écrits en noir, puis dénommer la couleur de carrés de couleurs différentes, et enfin inhiber ces deux premières règles pour dénommer la couleur de l'encre sans lire les mots désignant eux-même une couleur. Chez l'enfant, ce test est souvent adapté (par exemple le Stroop monstre qui sera présenté dans notre partie expérimentale).

Jones, Rothbart et Posner (2003) ont quant à eux montré qu'entre 3 et 4 ans, les capacités d'inhibition augmentaient largement. En effet, la capacité à inhiber une réponse prédominante passait de 22 à 90% dans une épreuve de type « Jacques a dit ». Gerstadt, Hong et Diamond (1994) avaient également déjà mis en évidence que les performances dans une tâche de type « Day/Night » passaient de 71,5 à 87% de réussite entre 3 et 6 ans.

De manière générale, les auteurs s'accordent à dire que l'âge préscolaire (entre 3 et 6 ans) serait une période importante dans le développement de l'inhibition, bien que ce développement se poursuit encore durant l'enfance entre 5 et 8 ans, particulièrement dans des tâches requérant l'inhibition et la mémoire de travail (Best & Miller, 2010; Gandolfi et al., 2014) mais également à l'adolescence (Chevalier, 2010), principalement au niveau des temps de réaction dans les épreuves informatisées (Best & Miller, 2010; Best et al., 2009).

Nous voyons donc que la plupart des auteurs suggèrent l'existence de différentes formes d'inhibition, mais seules les appellations diffèrent d'une étude à l'autre. Dans nos recherches empiriques, nous avons décidé de tenir compte de la classification suivante afin de rendre compte des diverses composantes de l'inhibition, inspirée de la conception de Nigg (2000) mais également de Friedman et Miyake (2004) et faisant référence par ailleurs aux déficits observés chez les enfants TDAH plus âgés (Barkley, 1997a): nous parlons ainsi d'inhibition d'une réponse prédominante, d'interruption d'une réponse en cours, de contrôle de l'interférence/des distracteurs et de gestion de l'impulsivité.

2.3.3 La flexibilité

La flexibilité peut être définie comme la capacité de passer rapidement d'une tâche à une autre, ou d'alterner entre différents registres mentaux, différents schémas d'action afin de s'adapter à de nouvelles exigences (Monette & Bigras, 2008). Bien que son développement dépendrait des capacités d'inhibition (nécessité de désactivation des schémas désormais inutiles) et de mémoire de travail (afin de retenir la nouvelle règle) (Chevalier, 2010; Diamond, 2013, 2014), elle peut cependant être considérée comme une FE bien à part, comme en témoignent les études ayant mis en évidence l'indépendance du facteur « flexibilité » par rapport aux facteurs « mémoire de travail » et « inhibition » (Lehto, Juujärvi, Kooistra, & Pulkkinen, 2003; Miyake et al., 2000).

Cette composante des FE serait celle qui se développerait le plus tardivement (Davidson, Amso, Anderson, & Diamond, 2006; Garon et al., 2008). Même s'il semble que dès l'âge de 12 mois des enfants soient capables de réaliser des épreuves simples de flexibilité de type « A non B » (tâche où l'expérimentateur cache un objet à un endroit A plusieurs fois d'affilée, et ensuite change la cachette à l'endroit B) (Diamond, 1985), il semble cependant que des tâches plus complexes soient acquises plus tardivement. À 3 ans, les enfants persévèrent presque systématiquement dans les tâches de flexibilité, montrant une incapacité à passer d'une tâche à l'autre (Chevalier & Blaye, 2008; Zelazo, Frye, & Rapus, 1996).

La tâche illustrant le mieux le développement des capacités de flexibilité est sans nul doute le « Tri des cartes » de Zelazo (Dimensional Change Card Sort; Frye, Zelazo, &

Palfai, 1995; Zelazo et al., 2003) et rend parfaitement compte de l'important changement en terme exécutif lors de la période préscolaire. Dans cette tâche, l'enfant doit classer des cartes de deux types : des cartes représentant un cercle rouge, et d'autres représentant un carré bleu. L'enfant est face à deux boites : l'une avec un cercle bleu et l'autre avec un carré rouge. Cette épreuve est composée de deux conditions. Dans la première, l'enfant doit classer les cartes selon le critère « couleur ». Cette condition est réussie par la majorité des enfants de trois ans. Dans la deuxième condition, on demande à l'enfant de changer de critère, à savoir qu'il doit désormais classer les cartes selon le critère « forme ». A l'âge de trois ans, même si l'enfant est capable de donner la bonne réponse oralement et comprend parfaitement la nouvelle règle, on observe une majorité de persévération avec classement selon le premier critère. Cette difficulté résiderait dans le fait qu'à cet âge, l'enfant ayant dû inhiber une dimension lors de la première partie de la tâche, il éprouve ensuite des difficultés à réactiver cette dimension lors de la deuxième partie de l'épreuve (Chevalier, 2010). A partir de 4 ans, l'enfant est généralement capable de passer d'une règle à l'autre. Diamond (2013) rapporte cependant que l'enfant peut déjà réussir ce type de tâche vers 3 ans/3 ans et demi, pour autant que la règle soit légèrement simplifiée. En effet, l'enfant parvient à catégoriser correctement si la couleur est en réalité une propriété du fond de la carte et non pas la couleur de la forme (dans notre exemple, la carte avec le cercle serait de fond rouge, avec le cercle dessiné en noir, idem pour le carré qui serait sur fond bleu). Après l'âge de quatre ans, les capacités de flexibilité continuent à s'améliorer, avec une capacité grandissante à alterner plusieurs fois d'une règle à l'autre au sein de la même tâche (Chevalier, 2010).

Il est cependant à noter que nous observons déjà certaines capacités de flexibilité chez l'enfant dès l'âge de deux ans et demi, dans des tâches d'inversion des réponses (Diamond, 2013). En effet, lorsque dans une tâche il est demandé à l'enfant d'appuyer à gauche pour un cercle et à droite pour un triangle, et qu'ensuite on change la règle en demandant désormais d'appuyer à droite pour un cercle et à gauche pour un triangle, l'enfant de deux ans et demi parvient à répondre correctement. La capacité à changer ce type de réponse se développerait donc plus tôt que la capacité à changer de perspectives/règles.

Dans d'autres épreuves, généralement informatisées, c'est le coût cognitif en termes de temps de réponse qui est pris en compte pour rendre compte des capacités de flexibilité. C'est par exemple le cas dans une épreuve où il faut d'abord effectuer 20 additions (condition 1), ensuite 20 soustractions (condition 2), et enfin alterner entre additions et soustractions (condition 3). Sera alors pris en compte le temps mis pour effectuer la condition 3, dont on soustraira la moyenne du temps mis pour effectuer les deux premières conditions (Monette & Bigras, 2008).

Enfin, de récentes recherches tendent à montrer que les difficultés liées à des erreurs lors de tâches de flexibilité ne sont pas toujours à attribuer à des erreurs de persévération (difficulté à inhiber une règle précédente), et donc à des difficultés d'alternance (Chevalier & Blaye, 2008; Cragg & Chevalier, 2012). En effet, Chevalier et Blaye (2008) rapportent que le déficit pourrait plutôt être expliqué par une difficulté à activer des informations préalablement ignorées et maintenir des informations désormais pertinentes, ou à des

erreurs de distractions. Les auteurs ont réalisé deux expériences pour tester ces hypothèses. Dans la première expérience, les auteurs utilisent la tâche « Preschool Attentional Switching Task » (PAST; Chevalier & Blaye, 2008). La figure 5 illustre le déroulement de cette tâche. Dans la première phase (*preswitch phase*), l'enfant doit classer les images bleues par leur forme (mettre le chat bleu près du chat et la fleur bleue près de la fleur). L'enfant reçoit un feedback après chaque essai et la règle est rappelée. Après sept essais consécutifs réussis, il passe à la phase suivante (*postswitch phase*). Désormais les images jaunes deviennent pertinentes et que ce sont donc celles-là qu'il faut classer par la forme (mettre le chat jaune près du chat et la fleur jaune près de la fleur). L'enfant ne reçoit désormais plus de feedback après chaque essai mais la règle est néanmoins toujours rappelée. Trois versions sont possibles pour cette *postswitch phase*. Dans la version « standard », les couleurs sont similaires à la *preswitch phase* (bleu et jaune), chacune étant pertinente dans une phase (bleu étant pertinent en *preswitch phase*, jaune en *postswitch phase*). Dans la version « persévération », la couleur pertinente dans la *preswitch phase* (bleu) devient non-pertinente dans la *postswitch phase* et une nouvelle couleur (rouge) est introduite comme étant pertinente dans cette deuxième phase (bleu et jaune en *preswitch phase*, le bleu étant pertinent ; bleu et rouge en *postswitch phase*, le rouge étant pertinent). Enfin, dans la version « activation », la couleur non-pertinente dans la *preswitch phase* (jaune) devient pertinente dans la *postswitch phase* et une nouvelle couleur (rouge) est introduite comme étant à ignorer dans cette deuxième phase (bleu et jaune en *preswitch phase*, le bleu étant pertinent ; jaune et rouge en *postswitch phase*, le jaune étant pertinent). Les résultats de cette expérience montrent que la version « persévération » montre plus de réussite que la version « activation » et plaide donc en faveur d'une difficulté d'activation d'informations préalablement non-pertinentes.

Dans une seconde expérience, les auteurs ont voulu observer ce qu'ils appellent les « erreurs de distraction ». Il s'agit d'erreurs où le sujet choisit une réponse qui n'était pas pertinente auparavant. Cela ne peut donc s'observer que dans une épreuve impliquant au moins trois réponses possibles. Chevalier et Blaye (2008) ont donc adapté leur première tâche (Figure 6). Trois images de couleurs et formes différentes sont montrées à l'enfant, ensuite on dit à l'enfant qu'il doit classer par forme les figures bleues (mettre le chat bleu près du chat, la fleur bleue près de la fleur et la voiture bleue près de la voiture). Enfin, dans la troisième phase, il faut désormais classer les figures jaunes. Cela signifie qu'il y a toujours une couleur qui était pertinente dans la *preswitch phase* (bleu), une autre couleur qui est pertinente dans la *postswitch phase* (jaune), et la troisième couleur qui n'est jamais pertinente (vert). Ce sont les images classées de cette dernière couleur qui sont alors considérées comme des erreurs de distraction, faisant référence à *« une difficulté de maintien de la représentation face à l'interférence d'informations non-pertinentes »* (Chevalier & Blaye, 2006). Les résultats de cette deuxième expérience montrent que ce type d'erreurs est autant observé que les erreurs de persévération à l'âge de trois ans et diminuent entre trois et quatre ans. Par contre les erreurs de persévération semblent se maintenir à quatre ans mais diminuent à cinq ans. Les résultats de ces deux expériences nous mènent donc à nous demander si les déficits en flexibilité ne seraient pas plutôt d'origine multiple, faisant entrer en jeu différents processus.

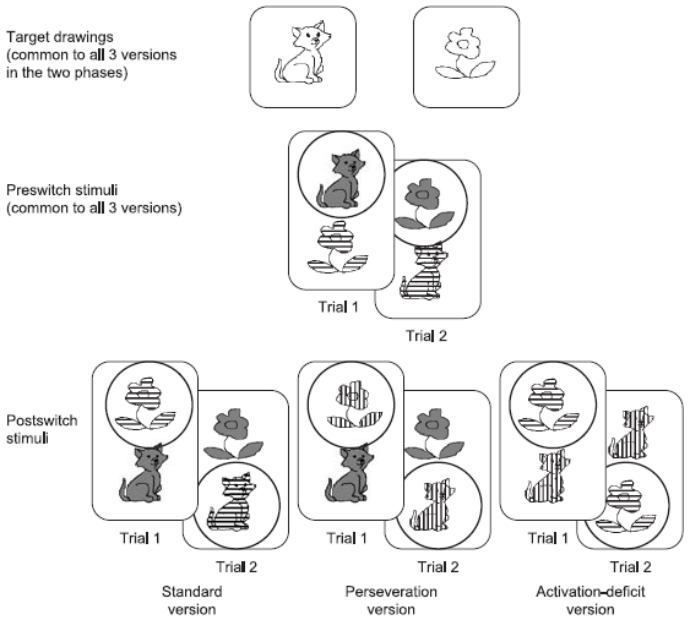


Figure 5. Illustration of the standard, Perseveration, and Activation-deficit versions of the Preschool Attentional Switching Task (Experiment 1A). Grey indicates blue; horizontal stripes indicate yellow; and vertical stripes indicate red. Circles indicate the relevant colour in these examples but did not appear on the actual stimuli. The figure shows only a sample of the stimuli appearing at the center of the screen. For each stimulus, children had to select the target drawing that matched the object of the relevant colour (e.g. 'cat' for the first preswitch stimulus) (Chevalier & Blaye, 2006).

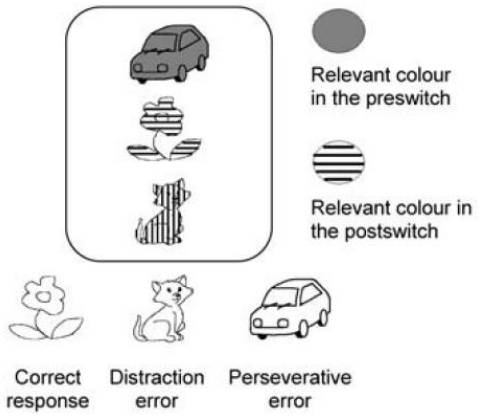


Figure 6. Illustration of the correct response, perseverative error, and distraction error for an example stimulus of the PAST-3 (Experiment 2A). Grey indicates blue, horizontal stripes indicate yellow; and vertical stripes indicate green (Chevalier & Blaye, 2006).

Récemment, Chevalier, Blaye et Maintenant (2014) rappellent également que les jeunes enfants verraient leurs performances exécutives améliorées lorsque le but à atteindre est facilement identifiable, ce qui contribuerait plus favorablement à son maintien en mémoire et donc à l'exécution de la tâche à réaliser. Grâce à ce maintien, les conduites appropriées pour la tâche en cours seraient plus fortement activées par rapport aux routines non adéquates à ce moment précis.

Actuellement, il semblerait que l'implication d'une telle représentation entre principalement en jeu dans des tâches de flexibilité ou d'inhibition, dans lesquelles le fait de pouvoir identifier clairement l'objectif à atteindre serait primordial (nouvelle règle à suivre dans le cas de la flexibilité, réponse dominante ou distracteurs à inhiber dans le cas de l'inhibition, par exemple). Dans le cas de la flexibilité, le sujet doit en général alterner entre différentes tâches, ce qui signifie qu'il doit identifier les buts à atteindre à chaque changement de règle afin de maintenir le nouveau but activé en mémoire le temps de la tâche. Cette identification des buts ne peut néanmoins se faire que grâce à des indices disponibles, de préférence de manière transparente, dans l'environnement du sujet. En effet, Chevalier et Blaye (2009) ont mis cela en évidence chez des enfants de 5-6 ans dans le cadre d'un paradigme d'alternance de tâches indicées. Dans ce paradigme, le sujet doit alterner entre deux tâches de tri : trier les stimuli soit par la couleur (avec comme indice un ruban multicolore) ou par la forme (avec comme indice un ruban noir). Cette condition « transparente » a été comparée par les auteurs à une condition « arbitraire » dans laquelle les indices n'ont aucun lien avec la tâche à réaliser. Les auteurs observent sans grande surprise de meilleures performances lorsque les indices sont transparents. Ils rapportent également que la performance pourrait être encore augmentée en utilisant des indices transparents en modalité auditive, ce qui permet au sujet d'avoir l'indice « traduit » verbalement directement, lui faisant dès lors gagner du temps pour répondre correctement. Dans une autre étude, Chevalier, Wiebe, Huber et Espy (2011) rapportent qu'un second type d'indice serait bénéfique pour les jeunes enfants. Il s'agit des indices de « transition », qui indique si l'enfant se trouve dans un essai où il doit changer de règle ou si la règle est similaire à l'essai précédent. Ces indices de transition, qu'ils soient arbitraires ou transparents, permettent d'améliorer les performances de l'enfant dans des tâches où les essais sont mixtes.

Il semblerait que l'effet de la transparence des indices s'estompe avec l'âge, les adultes développant une plus grande capacité à identifier les indices, entre autres grâce au discours interne. L'utilisation du discours interne ne serait cependant efficace que vers l'âge de 7 ans, mais l'autorépétition verbale pourrait déjà être bénéfique avant cet âge. L'importance de la représentation des buts et de l'identification des indices est également démontrée dans des tâches d'inhibition de type Go-NoGo (Blaye & Chevalier, 2011) et Chevalier et al. (2014) rappelle que l'activation et le maintien des buts pourraient expliquer la part de variance commune aux différentes FE, comme soutenu par Miyake et al. (2000) et Friedman et al. (2008).

2.3.4 L'attention

Bien que ne faisant pas partie des taxonomies de Miyake et al. (2000) ou encore Lehto et al. (2003), l'attention est un processus central également. Les processus attentionnels entretiennent effectivement des liens étroits avec les autres fonctions exécutives. Le lien avec les capacités d'inhibition ou encore la mémoire de travail semble relativement évident. En effet, inhiber une réponse automatique ou interférente nécessite de focaliser son attention sur la réponse adéquate à fournir, tout comme il faut pouvoir porter attention aux stimuli pertinents à maintenir en mémoire de travail. Nous avons d'ailleurs vu plus haut que des auteurs comme Barrouillet et Camos (2007), dans la lignée d'auteurs comme Engle, Kane et Tuholski (1999) ou Cowan (2012) ont proposé un modèle selon lequel la mémoire de travail résulterait de l'interaction des capacités en mémoire à court terme et des capacités d'attention contrôlée. En 1990, Cooley et Morris considéraient déjà l'attention sélective comme étant la fondation à partir de laquelle les autres FE se développaient.

Bien que Posner et Presti (1987) distinguent quatre composantes attentionnelles (alerte, attention sélective, attention soutenue et attention divisée), nous ne ferons référence dans la suite de cette thèse qu'à l'attention sélective. En effet, le caractère indissociable de l'attention sélective et l'inhibition sonne comme une évidence. L'attention sélective serait dès lors considérée comme la capacité d'inhibition non intentionnelle, faisant référence au fait que porter son attention sur un stimulus cible implique par ailleurs d'inhiber les autres stimuli de l'environnement qui ne sont pas pertinents pour la tâche en cours. Brocki et Bohlin (2006) rapportent d'ailleurs plus de symptômes d'inattention chez les enfants présentant des difficultés d'inhibition.

L'attention se développerait déjà vers l'âge de trois-quatre mois. En effet, le jeune bébé se montre capable de désengager son attention d'un premier stimulus et de l'orienter vers une cible choisie. Il se montre donc capable d'attention sélective (Garon et al., 2008; Posner & Petersen, 1990). Ce développement précoce se ferait en parallèle du développement des structures du cortex pariétal et d'autres structures associées (Posner & Raichle, 1998). Au cours du développement, l'enfant fait progressivement preuve d'un meilleur déplacement de l'attention et atteindrait le niveau adulte du contrôle des saccades vers l'âge de trois ans. La capacité de filtre attentionnel augmente progressivement au cours de l'enfance, permettant d'améliorer la recherche de cibles (Cooley & Morris, 1990). De plus, l'enfant est progressivement capable de maintenir son attention dans la durée (attention soutenue) mais parvient également ensuite à gérer les doubles tâches (attention divisée).

2.4 Conclusion

Nous avons pu constater que de plus en plus d'auteurs s'intéressent au développement et la conceptualisation des FE chez le jeune enfant. A ce sujet, les auteurs semblent s'accorder sur le fait que le modèle des FE serait plutôt unitaire au plus jeune âge, évoluant vers un modèle bi-factoriel durant l'enfance et tri-factoriel à l'adolescence et l'âge adulte.

Il est loin d'être évident d'évaluer les FE chez les tout-petits. D'une part, ces enfants ont de faibles capacités (Isquith, Crawford, Espy, & Gioia, 2005). D'autre part, peu d'outils de

mesure sont disponibles pour cette tranche d'âge. Ce n'est que depuis peu que les chercheurs ont développé des tâches adaptées et suffisamment sensibles pour cette tranche d'âge de la population, telles que des épreuves de type Go-NoGo, Tri de cartes, Tour de Londres, Statue,… pour ne citer que celles-là (pour une revue récente de littérature concernant les outils de mesures de FE chez les jeunes enfants, voir P. J. Anderson & Reidy, 2012). Ces outils ont permis de montrer une maturation importante des capacités exécutives entre 3 et 5 ans (S. M. Carlson, 2005; Dowsett & Livesey, 2000). Il semble clair qu'elles se développent de manière asynchrone, avec différentes étapes, selon un processus hiérarchique (Garon et al., 2008). En effet, les prémices de la mémoire sont observées dès les premiers mois de vie, suivies ensuite par le développement des capacités d'inhibition et, de manière plus tardive, de flexibilité.

Les modèles théoriques concernant les FE continuent donc d'évoluer, nous permettant dès lors une meilleure compréhension et par là-même, une meilleure adaptation des prises en charge concernant les FE.

De nouvelles pistes de recherches émergent en outre ces dernières années concernant la conception même des FE. En effet, nous avons vu que la définition générale des FE consiste en l'adaptation des conduites du sujet lorsque les routines ne peuvent suffire. Cependant, il semblerait que la représentation du but à atteindre ait également une grande importance dans le contrôle exécutif, et ce dès le plus jeune âge (Chevalier, 2010; Chevalier et al., 2014).

Après avoir fait le tour des différentes FE et de leur développement, nous nous attarderons désormais dans la section suivante au lien privilégié qu'entretiennent les TEC et les FE.

3. Liens entre troubles externalisés du comportement et fonctions exécutives

3.1 Introduction

Au-delà de leur rôle critique sur l'ensemble de la cognition, les FE ont également un rôle important sur le plan comportemental. Les FE sont nécessaires pour réguler notre propre comportement lors de situations sociales, pour contrôler les comportements impulsifs, pour suivre les instructions des parents ou des instituteurs. L'hypothèse d'un dysfonctionnement à ce niveau chez les enfants présentant des TEC est soutenue par un certain nombre d'études que nous présenterons ici.

Avant d'entamer cette section, il semble cependant important de clarifier ce que nous entendons par les termes de « TDAH » et « TEC ». En effet, le TDAH est caractérisé par de l'inattention, de l'impulsivité/hyperactivité ou une combinaison des deux, entraînant dès lors des difficultés d'adaptation dans au moins deux sphères quotidiennes de l'enfant sans que cela soit expliqué par ailleurs par une autre pathologie (DSM-IV, American Psychiatric Association (2000)). Le diagnostic de TDAH ne se faisant généralement pas avant l'âge de 6 ans, c'est un terme que nous n'utilisons que pour les enfants ayant dépassé cet âge. Chez

les enfants d'âge préscolaire, même si certains présentent déjà quelques symptômes pouvant s'apparenter à ceux du TDAH, ceux-ci ne font pas encore l'objet d'un diagnostic et sont dès lors plutôt décrits comme présentant des TEC. Lors de notre revue de littérature sur le lien entre TEC et FE, nous avons cependant pu constater que différents labels existent et que certains auteurs, étudiant pourtant des populations préscolaires, utilisent néanmoins le terme TDAH pour présenter leur échantillon. Afin de rester le plus juste possible dans notre revue de littérature, nous avons pris la décision de garder la terminologie utilisée par les auteurs dans leurs articles. Certains échantillons seront dès lors décrits comme « présentant des symptômes TDAH ». Nous les considérons cependant comme étant des enfants TEC puisqu'ils n'ont pas été diagnostiqués.

Pour commencer, nous rappellerons brièvement les liens étroits et bien connus qu'entretiennent les FE et le trouble déficitaire de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDAH) chez l'enfant d'âge scolaire, Pour des raisons que nous détaillerons plus loin, nous nous centrerons ensuite sur les relations entre les TEC et les composantes plus spécifiques de l'inhibition, chez le jeune enfant d'âge préscolaire.

3.2 Lien entre FE et TDAH chez l'enfant d'âge scolaire

Dans leur méta-analyse, Oosterlaan, Logan et Sergeant (1998) rapportent que les difficultés exécutives seraient en lien avec les troubles de type TDAH. Un débat existe également quant à la présence de ce type de difficultés dans les troubles des conduites. Cependant, diverses études montrent que les déficits exécutifs rencontrés par les enfants présentant des troubles des conduites seraient plutôt dus à la présence d'un TDAH comorbide (Clark, Prior, & Kinsella, 2000; Nigg, Carte, Hinshaw, & Treuting, 1998; Oosterlaan, Scheres, & Sergeant, 2005; Pennington & Ozonoff, 1996).

Le TDAH est typiquement associé à une faiblesse au niveau des FE, même si cette faiblesse ne semble ni nécessaire ni suffisante pour expliquer tous les cas présentant ce type de trouble (Willcutt, Doyle, Nigg, Faraone, & Pennington, 2005). Cette relation entre les troubles des FE et le TDAH est bien établie dans la littérature (Barkley, 1997b, 1999; Barkley, Grodzinsky, & DuPaul, 1992; Pennington & Ozonoff, 1996; Sergeant, Geurts, & Oosterlaan, 2002; Tannock, 1998). Il semblerait cependant que ce lien entre FE et TDAH concernerait principalement des troubles de l'inhibition (inhibition de réponses prédominantes, arrêt d'une réponse automatique et contrôle de l'interférence). Des différences en défaveur des enfants TDAH ont été observées lors d'une épreuve de Stop Signal[4] (pour une revue, voir Lijffijt, Kenemans, Verbaten et van Engeland (2005) ou Sergeant et al. (2002)) ou d'une épreuve de type Go-NoGo[5] (Shue & Douglas, 1992; Trommer, Hoeppner, Lorber, & Armstrong, 1988). Barkley (1997b) mettait d'ailleurs déjà en évidence que le déficit central du TDAH chez les enfants serait l'inhibition, caractérisé

[4] Le *Stop Signal* mesure la capacité du sujet à stopper une réponse en cours. Il s'agit de réagir à un ou plusieurs stimuli mais, dans une certaine proportion de cas, un « stop signal » apparait (le plus un son). Dans ce cas, le sujet doit inhiber sa réponse.

[5] Les épreuves de type *Go-NoGo* mesurent l'inhibition motrice. Le sujet doit réagir à un stimulus cible (par exemple un +), mais pas à d'autres, considérés alors comme distracteurs (par exemple un X ou un O).

par un excès d'activité, des difficultés à se conformer aux règles, à différer leurs plaisirs, à résister aux tentations et également une grande sensibilité aux épreuves de type Stroop.

Outre ces études sur des populations cliniques, d'autres recherches sur des populations tout-venant d'âge scolaire ont également mis en évidence un lien entre inhibition et TEC. Par exemple, Nigg, Quamma, Greenberg et Kusche (1999) ont montré que les capacités d'inhibition, mesurées à 6 ans, prédisaient les TEC à 7 et 8 ans. Des résultats similaires sont rapportés par Riggs, Blair et Greenberg (2003).

Depuis une dizaine d'années, les chercheurs s'intéressent de plus en plus à la population préscolaire. Probablement en raison de la place toujours plus importante que ce type de trouble occupe dans la pratique clinique et de la prise de conscience générale d'une nécessité de diagnostic précoce. Dans la section suivante, nous nous centrerons dès lors sur cette tranche d'âge préscolaire.

3.3 FE et TEC chez les enfants d'âge préscolaire

3.3.1 TEC et facteur général de FE

Si la relation entre déficit des FE et troubles du comportement est bien établie chez les enfants d'âge scolaire, les adolescents et les adultes (Morgan & Lilienfeld, 2000), il semble important de mesurer si cette relation s'observe déjà chez les jeunes enfants de maternelle. Il se pourrait en effet que les FE, et plus précisément l'inhibition, jouent un rôle crucial dans les trajectoires développementales des TEC (Kochanska, Murray, & Harlan, 2000; Raaijmakers et al., 2008; Roskam, Meunier, Stievenart, et al., 2013). Il est donc important de connaitre le rôle éventuel des troubles des FE comme précurseurs ou facteurs de risque pour le développement ou la persistance de troubles des comportements perturbateurs dès le plus jeune âge, d'autant plus que les troubles des FE semblent persistants dans le temps à moyen (Brophy et al., 2002; follow-up après un délai de 3 ans) et à plus long terme (Fischer, Barkley, Smallish & Fletcher, 2005; follow-up après un délai de plus de 10 ans).

Certaines études se sont basées sur des scores composites regroupant diverses épreuves d'inhibition. Ainsi, Mariani et Barkley (1997) ont testé 34 garçons présentant des symptômes TDAH entre 4 et 5 ans et ont comparé leurs performances à celles d'un groupe contrôle dans un grand nombre de tests neuropsychologiques (tâches de séquences motrices et d'habilités visuo-motrice, construction visuo-spatiale, mémoire verbale, visuelle et séquentielle, planification, attention et contrôle de l'impulsivité, échelle de réussite scolaire) qu'ils ont regroupés en quatre facteurs : mémoire de travail , contrôle moteur, apprentissage verbal/mémoire et reconnaissance d'images/connaissances factuelles. Les résultats montrent de moins bonnes performances du groupe TDAH sur le facteur « contrôle moteur » et « mémoire de travail ». Il n'est cependant pas évident de dégager de ces facteurs les processus précis entrant en jeu. Le facteur « contrôle moteur » regrouperait des capacités liées à la planification et la séquence motrice, à la vitesse mais également la mémoire de travail visuo-spatiale ou encore certaines performances liées à la flexibilité (tâche de type « Trail Making Test »). Le facteur « mémoire de travail » regrouperait quant

à lui des tâches faisant appel à la rétention d'informations en mémoire de travail mais également des tâches de mouvements de mains, d'arithmétique ou même de lecture.

Dans une étude chez 40 enfants de 4 ans considérés comme difficiles par leurs parents, Hughes, Dunn et White (1998) constatent que ces enfants ont de moins bonnes performances, en comparaison à 40 enfants d'un groupe contrôle, dans diverses tâches impliquant les FE (deux tâches de planification et mémoire de travail, deux tâches d'inhibition et deux tâches de flexibilité). Toutefois, le contrôle inhibiteur, mesuré par la « detour-reaching box[6] », était la seule dimension qui reste significative après contrôle des capacités verbales, de l'âge, et du contexte familial. En outre, de bonnes capacités de contrôle inhibiteur sont liées à peu de comportements antisociaux et beaucoup de comportements prosociaux au cours d'interactions avec les pairs (Hughes, White, Sharpen, & Dunn, 2000). Le contrôle inhibiteur semble donc la compétence la plus fortement liée au comportement des jeunes enfants.

Fahie et Symons (2003) observent également une corrélation significative entre un score général des FE (Continuous Performance Test, tâche de type Tri des cartes et épreuve de Tapping) et les TEC (questionnaires Conners version parents et enseignants, CBCL et Teacher Rating Form) chez 26 enfants ayant été référés pour des problèmes d'attention et de comportement. Plus spécifiquement, l'attention et l'impulsivité semblent liées aux difficultés d'ordre social.

Certains auteurs ont également observé l'aspect prédictif des FE sur les TEC et inversement. En 2008, Hughes et Ensor mesurent les FE chez 122 enfants tout-venant, à l'âge de 2, 3 et 4 ans et montrent que le fonctionnement exécutif à l'âge de trois ans prédirait l'augmentation des problèmes de comportements jusqu'à l'âge de quatre ans. Wåhlstedt, Thorell et Bohlin (2008) ont suivi 206 enfants sur deux ans, les enfants ayant au départ entre 4 et 6 ans, et confirment que la présence de difficultés exécutives prédirait la présence, deux ans plus tard, de symptômes d'inattention et, dans une moindre mesure, d'hyperactivité. Dans une étude longitudinale récente avec une population clinique (82 enfants, ayant en moyenne 5 ans et 5 mois au départ), Brocki, Eninger, Thorell et Bohlin (2010) montrent également que les FE sont plus prédictives des symptômes attentionnels que de l'hyperactivité ou de l'impulsivité.

Nous voyons donc que les études ciblant les FE de manière plus générale semblent dégager une influence particulière des capacités d'inhibition sur l'apparition des TEC. Nous allons donc à présent investiguer le lien entre la présence de TEC et les FE de manière isolée, afin de voir si ce lien particulier se confirme ou nous au travers des études plus spécifiques.

[6] L'épreuve « Detour-reaching box » (Hughes et Russel, 1993) met le sujet face à un dispositif (une boite en métal) et deux manières d'accéder à une bille s'offre à lui (un chemin direct et l'autre plus indirect). En fonction de la couleur d'une lampe placée au-dessus du dispositif, le sujet pourra accéder à la bille par l'un ou l'autre des chemins.

3.3.2 TEC et mémoire de travail

Bien que des méta-analyses telles que celles de Martinussen, Hayden, Hogg-Johnson et Tannock (2005) ou encore Willcutt et al. (2005) aient mis en évidence des déficits en mémoire de travail, tant au niveau de la composante de stockage qu'exécutive, chez des enfants d'âge scolaire ayant été diagnostiqués TDAH, peu d'études ont testé le lien entre mémoire de travail et symptômes de type TDAH chez le jeune enfant.

Certains auteurs ont observé que des enfants présentant des scores élevés de symptômes TDAH lors d'évaluations parentales (questionnaires) montraient de moins bons scores lors de tâches de mémoire de travail, en modalité verbale ou spatiale. Cela a été observé chez des enfants issus de populations tout-venant (Thorell & Wåhlstedt, 2006) mais également dans des populations cliniques (Mariani & Barkley, 1997; Re, De Franchis, & Cornoldi, 2010).

Malgré les résultats de ces études mettant en évidence un lien entre mémoire de travail et symptômes TDAH chez de jeunes enfants, les études réfutant ces résultats semblent cependant plus nombreuses dans la littérature. Par exemple, Youngwirth, Harvey, Gates, Hashim et Friedman-Weieneth (2007) ont montré, dans une population clinique, que les enfants présentant des symptômes combinés d'hyperactivité et de troubles oppositionnels (n = 29) montraient de moins bonnes performances que les sujets contrôles (n =123), à une tâche de répétitions de phrases. Mais cette différence n'était cependant plus significative lorsque les auteurs comparaient des enfants présentant isolément soit des symptômes d'hyperactivité (n = 28) soit des symptômes de troubles oppositionnels (n = 14). Les déficits observés en mémoire de travail seraient alors plutôt dus à la présence d'une comorbidité. Concernant les études corrélationnelles, Sonuga-Barke, Dalen, Daley et Remington (2002) n'ont pas mis en évidence de corrélation significative entre leurs mesures de mémoire de travail et les symptômes TDAH, au travers d'une population tout-venant comprenant néanmoins 30% d'enfants diagnostiqués par des cliniciens comme présentant des symptômes TDAH. Brocki, Nyberg, Thorell et Bohlin (2007) confirment ces résultats, dans le même type de population, tant en modalité verbale que visuo-spatiale, tout comme Espy, Sheffield, Wiebe, Clark et Moehr (2011). Brocki et al. (2007) rapportent également que les performances en mémoire de travail à un temps 1 ne corrèlent toujours pas avec la présence de symptômes TDAH deux ans plus tard. D'autres auteurs ont enfin montré que les résultats dans des tâches de mémoire de travail ne permettaient pas de différencier des enfants présentant des symptômes TDAH de sujets contrôles, (Hughes et al., 1998; Mahone, Pillion, Hoffman, Hiemenz, & Denckla, 2005; Perner et al., 2002; Raaijmakers et al., 2008; Schoemaker et al., 2012).

3.3.3 TEC et flexibilité

Concernant la flexibilité, les résultats aux épreuves de type « tri des cartes » ne semblent pas permettre de différencier un groupe de jeunes enfants présentant des symptômes TDAH et des enfants contrôles (Dalen, Sonuga-Barke, Hall, & Remington, 2004; Hughes et al., 1998; Mariani & Barkley, 1997; Raaijmakers et al., 2008). Il

semblerait qu'à l'âge préscolaire, si le lien entre TEC et flexibilité soit plus faible, cela pourrait probablement être en raison du fait que cette fonction cognitive ne se développe que plus tardivement (Garon et al., 2008).

3.3.4 TEC et attention

En ce qui concerne l'attention, ou plus spécifiquement la vigilance, la méta-analyse de Willcutt et al. (2005) avait déjà mis en évidence des déficits attentionnels chez les enfants d'âge scolaire. En effet, 77% des études qu'ils recensent montraient un nombre significativement plus élevé d'omissions chez les sujets TDAH dans une tâche de type CPT (Continuous Performance Test), comparé à des sujets contrôles. Chez les enfants d'âge préscolaire, les tâches de type CPT sont également celles qui prédominent dans les études ciblant le lien entre attention et symptômes TDAH. Cette épreuve permettant d'évaluer la vigilance et l'impulsivité existe en différentes versions (première version de Rosvold, Mirsky, Sarason, Bransome Jr, & Beck, 1956). Le sujet est en général face à un écran sur lequel défilent des items cibles et des distracteurs, et il doit réagir (la plupart du temps en appuyant sur la barre d'espace) le plus vite possible mais uniquement aux items cibles. Sont alors pris en compte les erreurs d'omission (le sujet n'a pas réagi à un item cible) et les erreurs de commission (le sujet a réagi à l'item non-cible). On pourrait alors considérer que les erreurs d'omission relèveraient plus des capacités de vigilance, alors que les erreurs de commissions reflèteraient plutôt de l'impulsivité (et se rapproche dès lors plus du concept d'inhibition).

Plusieurs auteurs ont montré, lors de tâches de type CPT visuel, que des enfants d'âge préscolaire présentant des symptômes TDAH présentaient de moins bonnes performances que les sujets contrôles (Harper & Ottinger, 1992; Mariani & Barkley, 1997). Des résultats similaires sont également observés en modalité auditive (Byrne, DeWolfe, & Bawden, 1998; DeWolfe, Byrne, & Bawden, 1999; von Stauffenberg & Campbell, 2007).

A noter cependant que Youngwirth et al. (2007) ont montré, dans une population clinique, que les enfants présentant des symptômes combinés d'hyperactivité et de troubles oppositionnels omettaient plus de cibles, comparés aux sujets contrôles, toujours dans une épreuve de type CPT. Cette différence n'était par contre plus significative lorsque les auteurs comparaient des enfants présentant isolément soit des symptômes d'hyperactivité soit des symptômes de troubles oppositionnels. Les déficits observés à cette tâche seraient alors plutôt dus à la présence d'une comorbidité.

Un autre aspect attentionnel de plus en plus pris en compte dans la littérature chez l'enfant d'âge scolaire concerne la variabilité des temps de réaction (VTR). En effet, deux récentes méta-analyses de Kofler et al. (2013) et Tamm, Narad, et al. (2012) montrent que les enfants TDAH d'âge scolaire présentent souvent une plus grande variabilité dans leurs temps de réaction, lors de tâches informatisées impliquant ou non les FE, en comparaison à des sujets contrôles. Cela est également observé chez l'adulte. Selon Kofler et al. (2013), cette VTR reflèterait des lapsus attentionnels qui se produiraient pendant la tâche, et ne serait pas uniquement caractéristique du TDAH mais bien de l'ensemble des populations cliniques. Plus rares sont les études concernant cette variabilité de temps de réaction chez le

jeune enfant d'âge préscolaire. On peut cependant citer les études de Mahone et al. (2005) et Youngwirth et al. (2007) qui, dans une population clinique pour les premiers et chez des enfants tout-venant pour les seconds, ont mis en évidence dans une tâche CPT des variations plus importantes au niveau des temps de réaction chez les enfants présentant des symptômes TDAH. Il y a donc là une piste pour les futures recherches sur ce sujet, et nous l'aborderons en outre dans le Chapitre 5.

3.3.5 TEC et inhibition

Comme nous l'avons rappelé plus haut, le concept d'inhibition est multi-dimensionnel et il semble intéressant de pouvoir observer si les diverses composantes de l'inhibition sont liées de la même manière aux TEC chez les jeunes enfants d'âge préscolaire.

Certaines études se sont basées sur des **scores composites regroupant diverses épreuves d'inhibition**. Par exemple, Raaijmakers et al. (2008) regroupent diverses tâches en un facteur « inhibition » chez 82 enfants de 4 ans présentant des comportements agressifs (échelle d'agressivité du CBCL) et 99 enfants contrôles. Les enfants « agressifs » montrent de moins bonnes capacités d'inhibition que le groupe contrôle, et cela même après contrôle des symptômes d'inattention.

Cette relation entre inhibition et TEC se retrouve également dans d'autres cultures. En effet, Olson et al. (2011) mesurent le contrôle inhibiteur par un score composite à partir d'une tâche de Tapping, d'une tâche de type Day-Night et d'une tâche de type Stroop nommée « Grass/Snow » dans laquelle l'enfant doit dire « neige » quand l'expérimentateur pointe un carré vert et « herbe » quand le carré est blanc. Ils montrent une association entre de faibles capacités de contrôle inhibiteur et un niveau élevé de TEC (mesuré à l'aide du CBCL) chez des enfants tout-venant Japonais (n = 59), Chinois (n = 59), et Américains (n = 58) de 4 ans (contrôle du quotient intellectuel non-verbal).

Concernant l'aspect prédictif, Bohlin, Eninger, Brocki et Thorell (2012) ont étudié dans quelle mesure de pauvres capacités d'inhibition prédisent des TEC deux ans plus tard (Preschool Behavior Questionnaire et Child Behaviour Questionnaire, par les parents et les enseignants). Leur échantillon se compose de 65 enfants ayant en moyenne 5 ans et demi au départ (45 tout-venant et 20 présentant des TEC). Les résultats montrent que de faibles capacités d'inhibition (score composite à partir d'un Go-NoGo, du Continuous Performance Test, d'un Day-Night et du Cogner-Frapper de la NEPSY) sont associées à un plus grand nombre de TEC deux ans plus tard, et cela même après avoir contrôlé le niveau de TEC à 5 ans. La prédiction inverse, à savoir l'hypothèse que des problèmes comportementaux précoces pourraient entraver le développement optimal des FE, a également été investiguée. Bien que Wåhlstedt et al. (2008) aient montré que la présence de symptômes TDAH prédirait de moins bonnes performances dans des tâches d'inhibition, deux ans plus tard, cette observation était plus marginale chez Hughes et Ensor (2008).

D'autres études se sont basées sur **l'inhibition d'une réponse prédominante** pour établir un lien avec les TEC. Cette composante fait référence aux épreuves de type Go-NoGo, Day/Night ou Tapping. Les épreuves de type Go-NoGo mesurent l'inhibition d'une

réponse dominante, souvent motrice. Le sujet doit réagir à un stimulus cible fréquent (essais « Go », par exemple tous les stimuli bleus qui apparaissent à l'écran), mais pas à d'autres, plus rares, considérés comme distracteurs (essais « NoGo », par exemple les stimuli rouges). Lors de l'épreuve du Day/Night, on présente au sujet deux types de cartes : devant la carte avec le soleil, le sujet doit dire « nuit » et devant la carte avec la lune il doit répondre « jour ». Enfin, lors d'une épreuve de Tapping, il est par exemple demandé au sujet de taper deux fois sur la table lorsque l'expérimentateur tape une fois, et de taper une fois lorsque l'expérimentateur tape deux fois.

Floyd et Kirby (2001) montrent, chez 70 enfants tout-venant âgés de 3 à 5 ans, que les enfants possédant de faibles capacités d'inhibition à une tâche de type Go-NoGo présentent plus de comportements d'inattention ou d'agression (Behavioral Assessment System for Children Teacher Rating Scale, Reynolds & Kamphaus, 1992). Livesey, Keen, Rouse et White (2006) ont également montré, chez 36 enfants tout-venant âgés de 5 et 6 ans que les enfants présentant plus de TEC (Rowe Behaviour Rating Inventory rempli par l'enseignant ; Rowe et Rowe, 1992) avaient de moins bonnes performances à l'épreuve de type Day/Night. Les résultats de Berwid et al. (2005), de Utendale et al. (2011) ou encore de Schoemaker et al. (2012), qui ont testé ces hypothèses dans des populations cliniques vont dans le même sens. En effet, Berwid et al. (2005) rapportent, chez de jeunes enfants d'âge préscolaire présentant un haut niveau de symptômes TDAH, de moins bonnes performances au Go-NoGo, à savoir plus d'erreurs, des temps de réaction plus longs et plus variables, et rapportent également de moins bonnes performances dans une tâche de type Day/Night. Utendale et al. (2011) ont également mesuré les FE grâce à une épreuve de type Day/Night et une épreuve de Tapping. Les résultats montrent un nombre plus élevé d'erreurs dans ces deux tâches chez les enfants ayant un niveau élevé de TEC, ainsi que des temps de réaction plus courts lors de l'épreuve de type Day/Night. Ces enfants présenteraient donc dans cette dernière tâche un profil marqué par une certaine impulsivité, l'enfant privilégiant la vitesse au détriment de la précision. Les auteurs ajoutent que la relation observée entre le contrôle inhibiteur et les TEC est indépendante du quotient intellectuel ou des capacités en mémoire de travail, ce qui suggère un rôle particulier du contrôle exécutif dans l'étiologie des TEC. Le contrôle inhibiteur semble donc jouer le rôle de régulateur des TEC, et cela dès l'âge de quatre ans. Enfin, en ce qui concerne l'étude de Schoemaker et al. (2012), les enfants (âgés de 3,5 à 5,5 ans) présentant des symptômes TDAH montrent des déficits dans diverses tâches d'inhibition, dont le Go-No-Go. Rhoades, Greenberg et Domitrovich (2009) rapportent quant à eux une corrélation significative entre un meilleur contrôle de l'inhibition (épreuve de Tapping) et de meilleures compétences sociales et moins de troubles internalisés du comportement, chez 146 enfants de 4-5 ans issus de familles à bas revenus. En revanche, la corrélation avec les TEC n'est pas significative. Ces trois composantes étaient évaluées grâce au « Preschool and Kindergarten Behavior Scales » (Merrell, 1996).

D'autres auteurs ont mesuré le lien entre FE et TEC à travers un design longitudinal. Berlin et Bohlin (2002) ont mesuré les capacités d'inhibition (Go-NoGo) d'une part et les symptômes d'hyperactivité évalués par les professeurs (échelle de Conners, Goyette et al.,

1978) et les troubles des conduites (Preschool Behavior Questionnaire, Behar & Stringfield, 1974) d'autre part, chez 115 enfants tout-venant d'âge préscolaire à 5 ans et à 6 ans et demi. A ces deux âges-là, ils ont montré que l'hyperactivité et les troubles des conduites étaient liés à plus d'erreurs au Go-NoGo. Un suivi de ces enfants montre que les capacités d'inhibition mesurées à 5 ans sont prédictives des symptômes d'hyperactivité et d'inattention observés à 8 ans, au domicile et en milieu scolaire (Berlin, Bohlin, & Rydell, 2003). La corrélation entre les difficultés d'inhibition et l'hyperactivité reste significative après contrôle des troubles des conduites, alors que la corrélation entre les troubles de l'inhibition et les troubles des conduites n'est plus significative après contrôle de l'hyperactivité. Ce sont donc bel et bien les symptômes d'hyperactivité qui sont les mieux expliqués par les difficultés d'inhibition. Cela rejoint donc les observations d'autres auteurs (Clark et al., 2000; Nigg et al., 1998; Oosterlaan et al., 2005; Pennington & Ozonoff, 1996) qui ont montré, chez des enfants d'âge scolaire, que les déficits exécutifs observés chez les enfants présentant des troubles des conduites seraient en fait dus à la présence d'un TDAH comorbide.

Brophy et al. (2002) retestent les 40 enfants issus de l'étude de Hughes et al. (1998) trois années plus tard et montrent que les déficits persistent avec le temps. Les enfants jugés difficiles par leurs parents à l'âge de 4 ans montrent toujours de moins bonnes performances dans les tests d'inhibition (moins de réponses correctes à une épreuve de type Go-NoGo) à 7 ans et sont plus susceptibles de transgresser les règles mises en place et de faire des erreurs de persévération. Il ne semble par contre pas y avoir de résultats significatifs en ce qui concerne la planification. Cette même constatation est faite par Sonuga-Barke et al. (2002). Ils mesurent les capacités d'inhibition (tâche de type « Jacques a dit ») de 160 enfants âgés entre 3 ans et 5 ans et demi, dont une grande proportion présente de nombreux symptômes TDAH. Les résultats montrent un lien spécifique entre les capacités d'inhibition et les symptômes TDAH mais pas d'association entre ces mêmes symptômes et les capacités de planification ou de mémoire de travail.

Un autre aspect de l'inhibition concerne le **contrôle de l'interférence**, faisant référence aux épreuves de type Stroop. Des versions adaptées aux enfants d'âge préscolaire n'ayant pas encore acquis la lecture existent, comme par exemple le Stroop Légume (Bouillet et al., 2012) que nous détaillerons dans nos recherches expérimentales. Il n'existe à notre connaissance que deux études ayant utilisé ce type de tâche pour évaluer le lien entre inhibition et TEC. La première est celle de Floyd et Kirby (2001) : les auteurs mettent en évidence plus de symptômes d'agressivité ou d'inattention (évaluation faite par les enseignants à l'aide du Behavioral Assessment System for Children Teacher Rating Scale, Reynolds & Kamphaus, 1992) chez les enfants présentant de moins bons résultats à une épreuve de type Stroop. La seconde est celle d'Olson et al. (2011) qui ont utilisé ce type d'épreuve au sein d'un score composite (*cf.* supra).

Enfin, la dernière composante de l'inhibition que nous avons investigué fait référence aux épreuves de type Stop Signal qui mesurent la capacité de l'enfant à **stopper une réponse en cours**. Dans ce type de paradigme, il s'agit de réagir, le plus vite possible, à un ou plusieurs stimuli. Dans une certaine proportion de cas, un « signal stop» apparait (le plus

souvent un son) après la présentation des stimuli cibles, et le sujet doit alors stopper la réponse en cours. Peu d'études utilisent ce type de tâches pour évaluer le lien entre inhibition et TEC chez les jeunes enfants et n'ont pas pu mettre en évidence d'association significative entre ces deux domaines (Gomes & Livesey, 2008; Livesey et al., 2006).

3.3.6 TEC et FE « chaudes »

Cette revue de littérature s'est jusqu'ici centrée sur les FE froides, si on se réfère au modèle de Zelazo et Müller (2002). Il est vrai que les études ciblent le plus souvent ce type de tâches afin de mesurer les FE chez les enfants présentant des TEC. Il est néanmoins important de rappeler également le rôle que jouent les FE chaudes, qui concernent les aspects plus motivationnels. Nigg (2000) proposait déjà une distinction entre « inhibition exécutive » et « inhibition motivationnelle ». Récemment, Willoughby et al. (2011) rapportent que les performances inhibitrices des enfants d'âge préscolaire issus de milieux à bas revenus sont mieux représentées par un modèle à deux facteurs (FE chaudes/froides) que par un modèle unifactoriel.

Ils ne sont pas les seuls à avoir mis l'accent sur l'importance de cet aspect dans les problématiques telles que le TDAH et en particulier, sur les dimensions « aversion des délais » ou « résistance à la tentation ». La méta-analyse de Pauli-Pott et Becker (2011), mais également celle de Schoemaker et al. (2013), ont recensé les études (décrites ci-dessous) qui ont observé une association entre les performances dans des tâches évaluant les FE chaudes et la présence de TEC chez l'enfant préscolaire. Dans l'ensemble de ces études, cette association est significative ($.20 < r < .92$).

En 1994 déjà, Campbell, Pierce, March, Ewing et Szumowski montraient des différences significatives entre un groupe de garçons de 4 ans présentant des TEC et un groupe contrôle, sur une épreuve de résistance à la tentation et une épreuve d'aversion des délais. Lors de la première tâche, l'enfant est installé en face d'un train très attractif qui circule dans un village Disney, mais il manque Mickey Mouse qui est censé conduire ce train. L'expérimentateur dit donc à l'enfant qu'il ne doit pas toucher le train et doit attendre qu'il revienne avec la figurine pour commencer à jouer (il part 3 minutes). Le temps écoulé entre la sortie de l'expérimentateur et le moment où l'enfant touche le train est alors pris en compte. Les auteurs remarquent que les garçons du groupe clinique vont plus rapidement transgresser la règle et toucher le train, en comparaison au groupe contrôle. Dans l'épreuve d'aversion des délais, un cookie est caché sous une coupe parmi trois coupes et les garçons sont censés attendre le signal de l'expérimentateur avant de chercher sous quelle coupe se trouve le cookie. Pour chaque essai, le délai avant le signal change. A nouveau, les auteurs mettent en évidence plus de comportements impulsifs chez le groupe clinique (les enfants touchent les coupes, les soulèvent, mangent le cookie…). Marakovitz et Campbell (1998) ont constaté les mêmes résultats dans le même type de population (garçons de 4 ans qui présentent des TEC) en ce qui concerne l'épreuve de résistance à la tentation, mais n'ont pas observé plus de comportements impulsifs dans le groupe clinique lors de la tâche d'aversion des délais. En 2004, Dalen, Sonuga-Barke, Hall et Remington montrent pourtant chez des enfants de 3 ans présentant des symptômes TDAH que ces derniers ont tendance à

ne pas attendre le feu vert de l'expérimentateur, comparé à des enfants contrôles, avant de manger le cookie.

Thorell (2007) ont observé également chez des enfants tout-venant de 6 ans une corrélation significative entre l'aversion des délais et les symptômes TDAH, tant au niveau de l'inattention que de l'impulsivité/hyperactivité. La tâche d'aversion des délais que ces auteurs utilisaient consistait à choisir entre deux possibilités : soit l'enfant reçoit une fleur après trois secondes, soit il attend trente secondes et reçoit alors deux fleurs. Les auteurs ont également mené des analyses de régression afin d'observer si les effets des déficits exécutifs (score composite regroupant les résultats à plusieurs épreuves évaluant les FE froides) et de l'aversion des délais restaient significatifs lorsque l'effet de chacun séparément était contrôlé. Ils mettent en évidence que les déficits au niveau des FE froides ainsi que l'aversion des délais prédisent indépendamment les symptômes ADHD de manière générale (symptômes d'inattention et d'impulsivité/hyperactivité confondus). Cependant, les déficits en FE froides ont plus un effet sur les symptômes d'inattention, alors pour l'aversion des délais, l'impact se produit davantage sur les symptômes d'impulsivité/hyperactivité. Cela corrobore les données de Castellanos, Sonuga-Barke, Milham et Tannock (2006) puisque ces auteurs postulaient que l'inattention serait plutôt associée aux FE froides alors que l'impulsivité/hyperactivité serait plutôt liée à des difficultés d'origine plus motivationnelles/affectives, faisant référence aux FE chaudes. Cela va également dans le sens du modèle mixte réconcilié de Sonuga-Barke (2002, 2005) qui suggère deux voies d'entrée possibles vers le diagnostic de TDAH : la voie cognitive faisant référence à un déficit au niveau des FE froides et la voie motivationnelle faisant référence aux difficultés liées aux FE chaudes.

Ce lien entre aversion des délais et TDAH décrit par Thorell (2007) a également été mis en évidence par l'étude citée ci-dessus de Dalen et al. (2004) chez des enfants encore plus jeunes (3 ans). Les enfants devaient choisir entre recevoir un bonbon après 1 seconde ou deux bonbons après 17 secondes. Les résultats montrent que les enfants présentant des symptômes TDAH choisissent préférentiellement la première possibilité, comparés à des sujets contrôles. Enfin, il semblerait que cette relation entre FE chaudes et TEC/symptômes TDAH persiste dans le temps puisque l'étude longitudinale de von Stauffenberg et Campbell (2007) montre une corrélation entre les résultats à une tâche d'aversion des délais à 54 mois et des symptômes TDAH 3 ans plus tard.

Les dernières sections présentées montrent donc que, bien qu'il semble que les FE soient, de manière générale, corrélées aux TEC, il apparaît cependant que la relation entre TEC et inhibition soit celle qui montre la plus grande taille d'effet. Ainsi, une méta-analyse incluant 25 études mesurant le lien entre des déficits neuropsychologiques et la présence de symptômes TDAH chez les enfants d'âge préscolaire (Pauli-Pott & Becker, 2011) montre que le lien avec les symptômes du TDAH est faible avec des mesures de flexibilité et de mémoire de travail mais modéré à large avec des mesures d'attention-vigilance (r=.27), des mesures du contrôle de l'interférence (r=.26, exemple, test de Stroop), et des mesures de l'inhibition de réponse prédominante (r=.29, exemple, tâche Go-NoGo). Ces observations sont également corroborées par les résultats de la méta-analyse de Schoemaker et al.

(2013), mettant en évidence un lien entre les TEC et un facteur général de FE (r=.22) mais aussi plus spécifiquement avec l'inhibition (r=.24), alors que la taille d'effet est plus faible pour la mémoire de travail (r=.17) et la flexibilité (r=.13). Compte tenu du fait que l'inhibition semble être la FE la plus fortement liée aux TEC, nous avons décidé dans cette thèse de centrer notre prise en charge sur cette fonction.

3.3.7 Différences liées au sexe

La question de savoir si le lien entre FE et TEC peut être affecté par le sexe de l'enfant revient souvent. Dans la pratique clinique, les parents consultent plus fréquemment pour les garçons que pour les filles. En effet, Thorell et Wåhlstedt (2006) ont montré, dans une population d'enfants tout-venant de 4 à 6 ans, que les garçons présentaient plus de symptômes TDAH et de troubles oppositionnels que les filles. Utendale et Hastings (2011) rapportent également, chez des enfants de 3 à 6 ans, que les garçons présenteraient plus de comportements agressifs que les filles. La question se pose donc de savoir si le développement des FE ne jouerait pas un rôle dans les différences liées au sexe en ce qui concerne les TEC. En effet, Keenan et Shaw (1997) rapportent que les garçons, en comparaison aux filles, développent plus tard de meilleures capacités d'inhibition. Il se pourrait que ce « délai » puisse être responsable du plus grand nombre de TEC chez les enfants de sexe masculin (Raaijmakers et al., 2008).

Berlin et Bohlin (2002), dans leur étude longitudinale chez des enfants de 5 ans, rapportent que les garçons présentent significativement plus de troubles des conduites que les filles (évaluation à l'aide du Preschool Behavior Questionnaire) mais un niveau équivalent en ce qui concerne les symptômes d'hyperactivité. Ils ont également voulu observer si la relation qu'entretiennent les troubles de l'inhibition et les TEC ne pouvait pas être expliquée par un effet du sexe. Les résultats montrent que, bien qu'il y ait une association significative entre les capacités d'inhibition et les TEC (hyperactivité et troubles des conduites), aucune différence significative n'a été trouvée pour ce qui est du sexe. Enfin, ils ont mis en évidence que, chez les filles uniquement, l'association entre l'inhibition et l'hyperactivité n'était plus significative après contrôle des troubles des conduites. Il semblerait donc que l'inhibition, l'hyperactivité et les troubles des conduites ne soient pas associés de la même manière selon le sexe.

Plus récemment, Schoemaker et al. (2013) dans leur méta-analyse rapportent que la relation entre TEC et FE semble d'autant plus forte dans les échantillons incluant une plus grande proportion de garçons. Nous voyons donc que, même si l'effet du sexe n'est pas toujours observé dans les différentes études, cette possible différence liée au sexe semble importante à considérer et mériterait d'être systématiquement mesurée dans les études concernant les FE et les TEC.

4. Conclusion

Les TEC (caractérisés principalement par de l'agitation, de l'agressivité ou encore de l'opposition) occupent une place majeure dans la pratique clinique chez le jeune enfant. Comprendre et diagnostiquer les TEC chez l'enfant en âge préscolaire revêt donc une grande importance étant donné que dans un certain nombre de cas, ces troubles persistent tout au long de l'enfance et de l'adolescence (Campbell, 2002; Guedeney & Dugravier, 2006; Moffit, 1993; Owens & Shaw, 2003).

Nous avons vu dans la section 1 que les TEC résultent de l'interaction de divers facteurs (Deater-Deckard et al., 1998; Roskam et al., 2007). Dans notre revue de littérature (section 3), nous nous intéressions au rôle des FE. En effet, chez l'enfant d'âge scolaire chez qui un diagnostic de TDAH a été posé, un grand nombre de recherches ont montré une faiblesse des FE (Barkley, 1997b, 1999; Barkley et al., 1992; Pennington & Ozonoff, 1996; Sergeant et al., 2002; Tannock, 1998). Il semble par ailleurs que le lien entre les FE et les TEC soit présent dès l'âge préscolaire. Tant les études sur des populations d'enfants d'âge préscolaire tout-venant que celles sur des échantillons cliniques ont montré des corrélations entre les FE, principalement l'inhibition, et les TEC (Berlin & Bohlin, 2002; Floyd & Kirby, 2001; Livesey et al., 2006). On constate de manière générale un taux d'erreurs plus élevé dans des tâches d'inhibition, chez les enfants présentant plus de TEC (Berwid et al., 2005; Brophy et al., 2002; Fahie & Symons, 2003; Hughes et al., 1998; Mariani & Barkley, 1997; Raaijmakers et al., 2008; Youngwirth et al., 2007). Cette observation est répliquée dans différentes cultures (Olson et al., 2011) et dans des échantillons de niveau socio-culturel faible (C. Blair, 2003; C. Blair & Peters, 2003; Rhoades et al., 2009). De plus, ces études montrent que la mesure des capacités d'inhibition dès l'âge préscolaire prédit de manière significative les TEC un an plus tard (Hughes & Ensor, 2008), deux ans plus tard (Bohlin et al., 2012) ou même après trois ans (Berlin et al., 2003).

Les méta-analyses de Pauli-Pott et Becker (2011) et de Schoemaker et al. (2013) nous ont rapporté un lien plus spécifique des capacités d'inhibition et des TEC. Nous avons dès lors fait le choix de nous centrer sur cette fonction d'inhibition. Toutefois, peut-être que certaines tâches sont plus sensibles aux TEC que d'autres. Nous avons donc recensées toutes ces tâches dans la Table 1, en distinguant les différentes composantes : inhibition d'une réponse prédominante, interruption d'une réponse en cours, contrôle de l'interférence. Les tâches évaluant l'inhibition d'une réponse prédominante (épreuve de type Go-NoGo, Day/Night ou Tapping) semblent de loin les plus sensibles, mettant presque systématiquement en évidence des corrélations significatives avec les TEC, permettant de discriminer le groupe clinique du groupe contrôle et capables de prédire à court ou long terme l'apparition de symptômes de type TDAH. Par contre, les épreuves mesurant le contrôle de l'interférence (Stroop) ou l'interruption d'une réponse en cours (Stop Signal) sont peu utilisées et conduisent rarement à des résultats significatifs. Dans certaines études, les auteurs ont préféré utiliser un score composite à partir de plusieurs tâches, maximisant dès lors les chances de voir apparaître des corrélations significatives. Nous remarquons que ces tâches sont en général à nouveau de type Go-NoGo, Day/Night ou Tapping.

Les différences liées au sexe dans la relation entre les capacités d'inhibition et les TEC nous semblent également importantes à prendre en compte et devraient être mesurées systématiquement dans les différentes recherches. Pauli-Pott et Becker (2011) ainsi que Schoemaker et al. (2013) rapportent que les échantillons comprenant une plus grande proportion de garçons (entre 83 et 100%) mettent en général en évidence des effets plus importants, que des études où la représentation des sexes est plus équilibrée. Toutefois, nous avons vu précédemment que les garçons présentent statistiquement plus de TEC que les filles. Dès lors, dans une population comportant un plus grand nombre de garçons, on pourrait imaginer observer une plus grande hétérogénéité au niveau des TEC, ce qui renforcerait davantage cette corrélation entre TEC et inhibition.

Nous avons également abordé les aspects motivationnels des FE faisant référence aux FE chaudes du modèle de Zelazo et Müller (2002), mettant en évidence le lien de plus en plus rapporté entre TEC et aversions des délais/résistance à la tentation.

Etant donné les données recueillies lors de cette revue de littérature, nous avons voulu nous poser la question du lien de causalité entre l'inhibition et les TEC. Une prise en charge centrée sur les capacités d'inhibition, et adaptée au jeune enfant présentant des TEC, permettrait-elle de diminuer la présence de ceux-ci, améliorant dès lors tant le quotidien de l'enfant que celui de l'entourage ? L'enjeu de nos recherches sera dès lors de mettre en place de telles interventions chez le jeune enfant présentant des TEC.

Table 1. Récapitulatif des épreuves utilisées pour évaluer le lien FE-TEC

Type de tâches	Auteurs (année)	Echantillon		Résultats
		N	Age (en années)	
Epreuves Type Go-NoGo				
Transversale	Floyd & Kirby (2001)	70 TV	3-5	Corrélation significative avec l'agressivité
	Brophy et al. (2002)	40 TEC 40 Contrôles	7	TEC < CONTR
	Berwid et al. (2005)	18 TEC 53 Contrôles	3-7	TEC < CONTR
Longitudinale	Berlin et Bohlin (2002)	115 TV	T1 : 5 / T2 : 6	Corrélation significative avec l'hyperactivité et les problèmes de conduites
	Berlin et al. (2003)	115 TV	T1 : 5 / T2 : 8	Prédit l'hyperactivité et l'inattention 3 ans plus tard
	Brocki et al. (2010)	72 TV + à risque	T1 : 5 / T2 : 6 / T3 : 7	Prédit les symptômes d'ADHD 2 ans plus tard
Epreuves Type Day/Night				
Transversale	Berwid et al. (2005)	18 TEC 53 Contrôles	3-7	TEC < CONTR
	Thorell et Wahlstedt (2006)	201 TV	4-6	Enfants avec beaucoup de symptômes ADHD < Enfants avec peu de symptômes ADHD
	Livesey et al. (2006)	36 TV	5-6	Corrélation significative avec TEC
	Gomes et Livesey (2008)	85 TV	5-6	n.s.
	Rhoades et al. (2009)	146 BasRev	4-5	n.s.
	Utendale et al. (2011)	92 HautTEC 41 MoyenTEC 47 FaibleTEC	4 et 6	Corrélation significative avec TEC
Longitudinale	Berlin et Bohlin (2002)	115 TV	T1 : 5 / T2 : 6	Corrélation significative avec l'hyperactivité et les problèmes de conduites
	Brocki et al. (2010)	72 TV + à risque	T1 : 5 / T2 : 6 / T3 : 7	Prédit les symptômes d'ADHD 2 ans plus tard
Epreuves Type Tapping				
Transversale	Hughes et al. (1998)	40 TEC 40 Contrôles	4	TEC < CONTR (mais n.s. après contrôle des capacités verbales)
	Rhoades et al. (2009)	146 BasRev	4-5	n.s. avec TEC Corrélation avec troubles internalisés et compétences sociales
	Utendale et al. (2011)	92 HautTEC 41 MoyenTEC 47 FaibleTEC	4 et 6	Corrélation significative avec TEC
Epreuves Type Stop Signal				
Transversale	Livesey et al. (2006)	36 TV	5-6	n.s.
	Gomes et Livesey (2008)	85 TV	5-6	n.s.
Epreuves Type Stroop				
Transversale	Floyd & Kirby (2001)	70 TV	3-5	Corrélation significative avec l'agressivité

Note : TV = Tout-venant ; TEC = enfants avec troubles externalisés du comportement ; ADHD = enfants avec troubles de l'attention avec ou sans hyperactivité ; HautTEC = enfants présentant un haut niveau de TEC ; MoyenTEC = enfants présentant un niveau moyen de TEC ; FaibleTEC = enfants présentant un faible niveau de TEC ; BasRev = Bas revenus ; n.s.= non significatif.

Chapitre 2

Interventions

De nombreuses études ont montré que les FE et les TEC sont fortement liés, et ce dès le plus jeune âge. L'inhibition semble par ailleurs être la FE la plus liée aux TEC. Le but de ce chapitre sera de présenter les diverses prises en charge centrées sur les FE chez l'enfant d'âge préscolaire. Nous observerons également quelles sont celles qui ont évalué l'impact de telles prises en charge sur la sphère comportementale. Sur base de cette littérature, et tenant compte des critères essentiels à la bonne mise en place d'une intervention, nous avons développé notre propre intervention.

Interventions

1. Introduction

Les FE jouent un rôle important dans le développement de l'enfant. En effet, elles influencent de manière non négligeable les performances académiques, principalement dans les domaines de l'arithmétique et de la lecture/écriture (Best, Miller, & Naglieri, 2011; Monette, Bigras, & Guay, 2011), mais influencent également la carrière professionnelle (voir à ce propos l'étude longitudinale de grande ampleur de Moffitt et al., 2011). Nous avons vu dans le précédent chapitre que les FE et les TEC entretiennent également des liens étroits et que ce lien semble particulièrement fort avec l'inhibition (Pauli-Pott & Becker, 2011; Schoemaker et al., 2013).

Une série d'interventions neuropsychologiques ont été développées chez des populations de jeunes enfants et ont montré une efficacité dans l'amélioration des FE, qu'il s'agisse d'une augmentation des capacités d'inhibition (Diamond, Barnett, Thomas, & Munro, 2007; Dowsett & Livesey, 2000) ou des performances en mémoire de travail (Klingberg et al., 2005; Rueda, Rothbart, McCandliss, Saccomanno, & Posner, 2005; Thorell, Lindqvist, Nutley, Bohlin, & Klingberg, 2009).

D'autres ont en outre testé l'impact de telles prises en charge sur la sphère comportementale, chez l'enfant d'âge scolaire (Noël, Bastin, Schneider, & Pottelle, 2007; Riggs, Greenberg, Kusché, & Pentz, 2006) ou préscolaire (Tamm & Nakonezny, 2015; Tamm, Nakonezny, & Hughes, 2012).

Dans ce chapitre, nous ferons une revue de littérature concernant les interventions existantes chez l'enfant, et nous décrirons le programme d'intervention que nous avons développé dans le cadre de cette thèse.

2. Interventions existantes

2.1 Intervention chez l'enfant d'âge scolaire

Chez l'enfant d'âge scolaire, trois grands types d'interventions existent en ce qui concerne les troubles de type TDAH. On remarque tout d'abord que la **médication** prend une place importante dans le champ des interventions pour le TDAH. En effet, des psychostimulants sont prescrits à de nombreux enfants, le plus connu étant le méthylphénidate, et montre un effet positif sur les symptômes du TDAH (Rhodes, Coghill, & Matthews, 2006; Van der Oord, Prins, Oosterlaan, & Emmelkamp, 2008). Cependant, il semblerait que ces effets dans des tâches cognitives soient relativement limités dans le temps (Molina et al., 2009; Rapport, Orban, Kofler, & Friedman, 2013). Un tel traitement ne peut suffire dans la prise en charge de tels troubles car, même s'il diminue l'occurrence des symptômes le temps du traitement, il ne fournit pas à l'enfant les clés nécessaires pour

développer des stratégies qui lui permettraient de palier aux difficultés liées au TDAH sur le long terme. D'autre part, ce type de traitement ne peut être administré à tout le monde (risques cardiovasculaires entre autres) et peut engendrer certains effets secondaires gênant le quotidien de l'enfant (céphalées, apparition de tics, diminution de l'appétit) (Bange, Le Heuzey, Acquaviva, Delorme, & Mouren, 2014; Le Heuzey, 2004). Il semble donc important d'adopter une approche multimodale lorsque la thérapie médicamenteuse est choisie, en l'associant à des thérapies plus comportementales.

Deuxièmement, les **approches comportementales** semblent remporter de plus en plus de succès chez les enfants d'âge scolaire (pour une méta-analyse récente voir Fabiano et al., 2009). Un des objectifs de ces approches est généralement d'améliorer les capacités d'inhibition comportementale, notamment grâce au discours interne ou à la technique de renforcement. En effet, les thérapies comportementales insistent sur l'importance du soliloque (discours intérieur) décrit par Vygotski (1985). La verbalisation, d'abord extérieure puis intérieure, permettrait à l'enfant de réguler son comportement, de planifier la tâche à effectuer, afin de mettre un terme aux comportements inadéquats. Cette internalisation du langage fait d'ailleurs partie du modèle des FE proposé par Barkley (1997a). Albaret (2006) rappelle en outre que l'émission de verbalisations par l'enfant au sujet d'une tâche en cours corrèlerait positivement avec la performance du sujet et son amélioration possible. Chez l'enfant TDAH, il semblerait cependant que le passage au discours interne ne devrait pas se faire trop rapidement, et qu'il devrait bénéficier sur une plus longue période d'une verbalisation à voix haute, soutenue par l'adulte (Marquet-Doléac, Soppelsa, & Albaret, 2005). L'utilisation de renforcements positifs est également centrale dans les prises en charge comportementales (Hersher, 1985) car cela permet de maintenir une certaine motivation de la part de l'enfant qui s'implique alors davantage dans la prise en charge. Au début de l'intervention, ils peuvent être matériels (l'enfant peut choisir un jeu auquel il jouera après avoir atteint l'objectif demandé, etc.), mais ils prennent en général davantage un aspect social par la suite (encourager le comportement adéquat afin que l'enfant reconnaisse le plaisir de la réussite). L'objectif est donc de passer d'une motivation extrinsèque à une motivation intrinsèque. D'autres aspects de ces thérapies résident dans le fait de permettre à l'enfant à mieux gérer son temps par exemple par l'utilisation d'une horloge permettant à l'enfant de visualiser le temps mais aussi à apprendre à l'enfant à organiser efficacement ses tâches (Marquet-Doléac et al., 2005).

L'entrainement à la « pleine conscience » trouve également de plus en plus sa place dans les prises en charge des symptômes liés au TDAH, principalement pour augmenter les performances en ce qui concerne les capacités attentionnelles (Chiesa, Calati, & Serretti, 2011).

Enfin, bien que l'ensemble des interventions présentées ci-dessus cible généralement l'enfant, des prises en charge de type « guidance parentale » (mais aussi à l'intention des enseignants) existent également (Chevalier, Guay, Achim, Lageix, & Poissant, 2010). En effet, les difficultés engendrées par le TDAH altèrent de manière non négligeable la vie de toute la famille (Barkley, 2014). Des programmes d'intervention à l'attention des parents ont donc vu le jour, permettant de rétablir la relation parent-enfant (Verreault, Verret,

Massé, Lageix, & Guay, 2011), mais permettant aussi de fournir aux parents des outils afin gérer les comportements difficiles de leur enfant (on peut citer notamment à ce sujet le programme *Incredible Years*, Webster-Stratton, 2007).

Enfin, les **prises en charge neuropsychologiques** ont vu le jour il y a une quinzaine d'années. Nous savons qu'une des hypothèses explicatives du TDAH concerne le déficit au niveau des FE, et principalement de l'inhibition (Barkley, 1997b). Cependant, les interventions ciblant spécifiquement les FE sont peu nombreuses chez les enfants d'âge scolaire. En ce qui concerne l'inhibition, il n'existe d'ailleurs à notre connaissance qu'une seule étude se centrant uniquement sur cette FE (Noël et al., 2007). Nous en parlerons ci-après. Les prises en charge cognitives ciblent davantage la mémoire de travail, l'attention ou encore plusieurs FE simultanément (Rapport et al., 2013; Sonuga-Barke, Brandeis, Holtmann, & Cortese, 2014). Certaines observent en outre l'effet d'un entraînement des FE sur le comportement.

Kerns, Eso et Thomson (1999) furent parmi les premiers à observer l'effet d'une prise en charge ciblant les *capacités attentionnelles*. Ils ont utilisé le programme *Pay Attention !* (Thomson, Kerns, Seidenstrang, Sohlberg, & Mateer, 1994) afin de travailler l'attention chez 14 enfants TDAH de 7 à 11 ans et espéraient voir une généralisation des effets de l'intervention à d'autres FE. Cette prise en charge consistait en 16 séances de 30 minutes étalées sur 8 semaines et entrainait les fonctions d'attention soutenue, sélective et divisée sur base de matériel papier-crayon (cartes pour l'attention visuelle, listes de mots sur CD pour l'attention auditive). Les auteurs ont mis en évidence un effet de l'intervention uniquement sur une des composantes attentionnelles, à savoir l'attention soutenue auditive, mais en réalité il s'agissait d'une tâche similaire à celle proposée lors de la prise en charge. Les effets aux tâches non-entrainées étaient faibles. Enfin, ils n'ont pas pu montrer une amélioration dans les évaluations parentales et des enseignants concernant les symptômes d'inattention. Il est à noter que l'échantillon était très petit (7 enfants dans chaque groupe) et que le groupe contrôle était par ailleurs également entrainé sur certaines tâches, ce qui rend les résultats difficilement interprétables. Tamm et al. (2009) ont également testé l'efficacité de ce programme attentionnel, en respectant les modalités d'origine, chez 23 enfants TDAH d'âge scolaire et ont évalué l'impact possible sur le comportement. Etonnamment, aucune épreuve attentionnelle n'a été intégrée à la ligne de base. Les auteurs ont mis en évidence une amélioration significative dans une épreuve d'empan de chiffres endroit et envers ainsi que dans une épreuve de type Stroop. Les parents observaient également une amélioration significative à l'échelle du score exécutif général de la BRIEF (Gioia, 2000), ainsi qu'aux sous-échelles inhibition, planification, organisation du matériel et index de métacognition. Les parents et les cliniciens ont également montré une amélioration significative en ce qui concerne les symptômes d'inattention et d'hyperactivité/impulsivité à travers le questionnaire SNAP-IV (Swanson et al., 1992). Les auteurs montrent un maintien de ces observations comportementales au SNAP-IV chez les parents, lors du follow-up 9 mois plus tard mais seuls 9 parents ont participé à ce follow-up. Enfin, aucun groupe contrôle n'a été intégré à cette étude. Il est donc difficile de savoir si les résultats observés ne sont pas uniquement le fruit de l'évolution spontanée des enfants.

En ce qui concerne les prises en charge de la ***mémoire de travail***, le programme le plus connu est celui développé par Klingberg, Forssberg et Westerberg (2002): Cogmed. Il s'agit d'un programme informatisé qui travaille, en 25 séances, les aspects de mémoire à court terme de la mémoire de travail, à savoir la boucle phonologique et le calepin visuo-spatial, à travers des exercices d'empan dont le niveau de difficulté augmente au fur et à mesure des séances en fonction des performances de l'enfant. Bien que l'étude de Klingberg et al. (2005) ait montré des résultats prometteurs au sein d'un échantillon d'enfants TDAH (amélioration des capacités en mémoire de travail mais aussi dans une tâche de type Stroop, et même certaines améliorations comportementales d'après les parents mais non confirmées par les enseignants), nous remarquons cependant que les études ayant utilisé ce programme montrent des résultats parfois assez discordants, cela étant probablement en autres dû au fait que la méthodologie de ces diverses études sont parfois fort différentes (nature du groupe contrôle, choix des tâches, etc.) (Rapport et al., 2013).

Enfin, certains programmes ciblent un ***ensemble de FE***. Riggs et al. (2006) ont par exemple testé l'efficacité du programme PATH (Promoting Alternative Thinking Strategies - Kusché & Greenberg, 1994) chez 318 enfants tout-venant âgés de 7 à 9 ans. Les sessions d'entraînement avaient lieu trois fois par semaine pendant 30 minutes, d'avril à octobre. Ce programme cible plus particulièrement le self-control, la résolution de problèmes mais également les compétences sociales en intégrant cognition, affect et comportement. Il s'agit d'un curriculum, dans le sens où les séances PATH sont données en classe, par l'enseignant qui a été formé au préalable lors d'une formation de trois jours. Les auteurs ont montré que les enfants ayant bénéficié de ce programme présentaient un meilleur contrôle inhibiteur au post-test (test de Stroop) que les enfants du groupe contrôle. Ils ont également montré l'impact de cet entraînement sur la sphère comportementale. En effet, les enfants du groupe expérimental présentaient moins de TEC au Teacher's Report Form (version enseignant du CBCL - Achenbach, 1991) à la fin du programme, toujours en comparaison du groupe contrôle. A noter cependant que nous n'avons aucune information sur la nature du groupe contrôle : ont-ils reçu une autre intervention ? S'agissait-il d'une liste d'attente ? D'autre part, il est fort probable qu'il y ait un biais lors de l'évaluation comportementale puisque le questionnaire relatif au comportement est rempli par l'enseignant alors qu'il est lui-même l'intervenant dans ce programme. Enfin, bien que ce programme intègre les aspects cognitifs, affectifs et comportementaux lors des différentes sessions, il se centre néanmoins principalement sur le développement des compétences socio-émotionnelles (exercices ciblant la reconnaissance des émotions, …). Les auteurs ne fournissent que très peu d'informations concernant le versant cognitif, si ce n'est qu'ils se basent entre autres sur le « Control Signals Poster » (CSP; Weissberg, Caplan, & Bennetto, 1988) qui fonctionne sur le principe du feu de signalisation : la lumière rouge indique aux enfants de « stopper et se calmer » en respirant profondément avant une situation de challenge, puis en disant comment ils se sentent ; le feu orange indique aux enfants de ralentir et de réfléchir pour résoudre le problème au mieux ; enfin, le feu vert indique aux enfants de se lancer et de tenter de résoudre leur problème. Les enfants doivent ensuite évaluer si leur résolution de problème était optimale. L'intégration de ces différents concepts (cognitif et socio-

émotionnel) ne permet dès lors que très difficilement de savoir quelle part accorder à l'aspect émotionnel ou cognitif lors de l'interprétation des résultats.

En 2007, Noël, Bastin, Schneider et Potelle ont quant à elles testé l'efficacité d'un entraînement individuel de l'attention et de l'inhibition chez 6 enfants hospitalisés et diagnostiqués TDAH, âgés de 8 à 10 ans. Trois de ces enfants recevaient d'abord 15 séances d'entraînement à l'inhibition puis 15 séances d'entrainement attentionnel (groupe IA). Les trois autres enfants recevaient les interventions en sens inverse (groupe AI). Les résultats mettent en évidence une augmentation des capacités d'inhibition dans le groupe IA (épreuve de Tapping, Stroop et Day/Night) après les 15 premières séances ciblant l'inhibition, mais également une amélioration au niveau des capacités attentionnelles (attention visuelle et soutenue) et du comportement (score à l'échelle du Conners rempli par les infirmières qui n'étaient pas au courant du groupe d'appartenance des enfants). Bien que leurs capacités attentionnelles se soient améliorées, les enfants du groupe AI ont par contre vu leurs performances aux trois tâches d'inhibition se dégrader après les 15 premières séances centrées sur l'attention, tout comme le comportement, mais se sont améliorées après les 15 séances suivantes qui travaillaient alors l'inhibition.

Nous voyons donc que travailler les capacités attentionnelles chez une population d'enfants TDAH n'amène que difficilement à des résultats significatifs et cela va dans le sens de l'étude de Kerns et al. (1999). La littérature montre par ailleurs une certaine hétérogénéité dans les études relatives aux prises en charge de la mémoire de travail (Rapport et al., 2013). En ce qui concerne l'inhibition, l'étude de Noël et al. (2007) est à notre connaissance la seule étude, chez des enfants d'âge scolaire, ciblant cette fonction de manière spécifique et observant de surcroit l'impact sur le comportement. Malgré leur échantillon très restreint, leurs résultats sont encourageants et plaident en faveur d'un lien direct de causalité entre l'inhibition et les TEC.

2.2 Intervention chez l'enfant d'âge préscolaire

Depuis une quinzaine d'années, certaines prises en charge du jeune enfant ont vu le jour. Jusque-là, rares étaient les interventions visant des enfants n'ayant pas encore atteint l'âge scolaire. Cela probablement en raison du fait que peu de diagnostics se font avant l'âge de 6 ans, comme par exemple le TDAH.

Néanmoins, avec l'émergence d'une littérature plus importante sur la présence de difficultés cognitives et/ou comportementales déjà dans les premières années de maternelles, quelques auteurs ont tenté de mettre en place des prises en charge ciblant les FE. La Table 2 dresse un récapitulatif des interventions neuropsychologiques ciblant les FE chez le jeune enfant, et met en évidence une certaine hétérogénéité à différents niveaux :

- ***Le public visé*** : sur les 7 recherches ciblant les enfants d'âge préscolaire, deux seulement visaient une population d'enfants présentant des symptômes importants de TDAH (Halperin et al., 2012; Tamm, Nakonezny, et al., 2012). Les autres recherches ont testé leurs entraînements sur des populations d'enfants tout-venant (Röthlisberger, Neuenschwander, Cimeli, Michel, & Roebers, 2011; Rueda et al.,

2005; Thorell et al., 2009), ou considérés comme étant à risque de présenter des symptômes TDAH car issus de milieux à faible niveau socio-économique (Diamond et al., 2007; Dowsett & Livesey, 2000).

- ***Le nombre de séances*** : Alors que certains ont testé l'effet d'un entraînement des FE en une seule séance (Dowsett & Livesey, 2000), d'autres ont mis en place des prises en charge à court terme (5 jours pour Rueda et al., 2005) ou à moyen terme sur plusieurs semaines (Halperin et al., 2012; Röthlisberger et al., 2011; Tamm, Nakonezny, et al., 2012; Thorell et al., 2009). Au sein des interventions à moyen terme, nous observons également une certaine hétérogénéité quant à la dispersion des séances au cours du temps. Alors que de manière générale ces interventions se déroulent sur 5-8 semaines, certaines sont constituées de nombreuses courtes séances (entre 25 et 30 séances de 15 à 30 min) (Röthlisberger et al., 2011; Thorell et al., 2009) alors que d'autres sont composées de séances plus longues (60 à 90 min) mais moins nombreuses (8 en moyenne) (Halperin et al., 2012; Tamm, Nakonezny, et al., 2012). Enfin, à notre connaissance, un seul programme a testé l'effet d'un entrainement des FE sur le plus long terme : le programme Tools de Diamond et al. (2007) qui s'intégrait au programme scolaire tout au long d'une année académique.
- ***La modalité des séances*** : Bien que certains auteurs ne définissent pas clairement si leurs interventions se déroulent de manière individuelle ou non, nous observons une tendance à privilégier les séances de groupe (Diamond et al., 2007; Halperin et al., 2012; Röthlisberger et al., 2011; Tamm, Nakonezny, et al., 2012).
- ***L'intervenant*** : Certaines études ne transmettent pas d'informations quant à l'expertise de l'intervenant (Dowsett & Livesey, 2000; Rueda et al., 2005; Thorell et al., 2009). Dans les autres, on observe une volonté de privilégier un intervenant ayant été formé à la psychologie, ou à minima ayant été sensibilisé à la problématique des difficultés rencontrées chez les enfants présentant des troubles de type TDAH. Pour des raisons pratiques, le curriculum de Diamond et al. (2007) est délivré par les enseignants dans la classe.
- ***Les pré/post-test*** : La ligne de base pré/post-test est probablement l'aspect qui présente la plus grande hétérogénéité à travers les études. Une seule étude ne présente pas de prétest : celle de Diamond et al. (2007). En effet, ces auteurs ont testé l'efficacité de leur curriculum en évaluant uniquement les performances des enfants à 2 tâches de FE à la fin de l'entrainement. En ce qui concerne les autres études, les pré- et post-test sont constitués des mêmes épreuves. Cependant, ces lignes de base diffèrent d'une étude à l'autre. Halperin et al. (2012) ne prennent en compte que des mesures hétéro-rapportées sans mesurer les compétences cognitives par des tests cognitifs. D'autres utilisent une épreuve cognitive unique comme ligne de base (Dowsett & Livesey, 2000; Rueda et al., 2005), ou un ensemble d'épreuves évaluant différentes FE (Röthlisberger et al., 2011; Tamm, Nakonezny, et al., 2012; Thorell et al., 2009).
- ***Le groupe contrôle*** : étant donné l'importante évolution spontanée des FE au cours de la période préscolaire, il semble primordial de comparer les performances des enfants ayant reçu une intervention aux performances d'un groupe contrôle. Ce n'est cependant pas toujours le cas (Halperin et al., 2012; Tamm, Nakonezny, et al., 2012), ce qui rend les résultats difficilement interprétables. Concernant les études ayant pris en compte les performances d'un groupe contrôle, la nature de

celui-ci diffère également d'une étude à l'autre : dans certains cas il s'agit de liste d'attente (l'enfant n'est évalué qu'en pré et post-test mais ne reçoit pas d'intervention) (Dowsett & Livesey, 2000; Röthlisberger et al., 2011), dans d'autres cas les enfants du groupe contrôle reçoivent également une prise en charge, ne travaillant cependant pas les mêmes fonctions que celles ciblées par le groupe expérimental (Diamond et al., 2007; Rueda et al., 2005; Thorell et al., 2009).

- ***Le transfert à d'autres domaines*** : Certains auteurs ont investigué le potentiel effet de leur intervention sur d'autres FE (Röthlisberger et al., 2011; Tamm, Nakonezny, et al., 2012; Thorell et al., 2009). Seules deux études à notre connaissance ont étudié l'impact de leur prise en charge sur la sphère comportementale : Halperin et al. (2012) et Tamm, Nakonezny, et al. (2012). Cependant, les résultats de ces études sont difficilement interprétables. En effet, ils n'ont eu recours à aucun groupe contrôle, et ne ciblent pas une FE en particulier, intégrant de surcroit la psycho-éducation à leur prise en charge.
- ***Le contenu des interventions*** : bien que chacune des prises en charge ciblent les FE, elles diffèrent en ce qui concerne le contenu des séances. Certaines interventions ne sont constituées que d'une tâche ou deux d'entrainement, administrées de manière répétitive au cours des séances (Dowsett & Livesey, 2000; Thorell et al., 2009), alors que d'autres élargissent le nombre de tâches ciblant plusieurs FE (Rueda et al., 2005). Rares sont les études mentionnant l'utilisation de niveaux de difficultés croissants (Rueda et al., 2005). Certains auteurs fournissent un feedback sur les réponses produites (Dowsett & Livesey, 2000; Thorell et al., 2009), d'autres intègrent des séances de psycho-éducation pour les parents ainsi qu'une invitation à continuer l'entrainement à domicile (Halperin et al., 2012; Tamm, Nakonezny, et al., 2012). Enfin, alors que certains utilisent des tâches purement cognitives (Dowsett & Livesey, 2000; Rueda et al., 2005; Thorell et al., 2009), d'autres privilégient le caractère ludique des exercices d'entraînement, bien que ciblant toujours les FE (Diamond et al., 2007; Halperin et al., 2012; Röthlisberger et al., 2011; Tamm, Nakonezny, et al., 2012)

Certains aspects des diverses études nous semblaient importants à prendre en compte lors de la mise en place de notre propre intervention (que nous détaillerons dans la section suivante). Alors que toute une série d'auteurs ne donnent pas d'indications quant au contenu de leur intervention, d'autres permettent de comprendre ce qui pourrait amener à des améliorations significatives des FE et du comportement.

Par exemple, il semble que les prises en charge utilisant du matériel très « cognitif » présenté de manière récurrente, à savoir des exercices souvent très similaires aux tâches utilisées en ligne de base ne semble pas porter leurs fruits chez les enfants plus jeunes (Rueda et al., 2005; Thorell et al., 2009). En effet, Rueda et al. (2005) utilisaient des exercices de type Stroop, résolutions de conflits, anticipation ou encore de poursuite et reconnaissance visuelle mais n'ont pas pu montrer d'effet bénéfique de leur intervention sur les capacités attentionnelles d'enfant de 4 et 6 ans. Dans le cas de l'étude de Thorell et al. (2009), les sujets entrainés à des tâches d'inhibition de type Go-NoGo, stop signal ou

« flanker task » n'ont montré que de faibles effets sur les tâches entrainées et n'ont pas montré d'amélioration sur des tâches exécutives non-entrainées.

Dans notre intervention, nous avons donc voulu privilégier des **exercices plus ludiques** et bien différenciés des tâches de la ligne de base, puisqu'il semble que cela amène à des améliorations significatives dans le cadre de prise en charge de l'inhibition chez les enfants d'âge scolaire (Noël et al., 2007) mais également chez les plus jeunes : Röthlisberger et al. (2011) détaillent par exemple les jeux utilisés dans leur prise en charge, qui ciblent différentes FE mais dont nous nous sommes en partie inspirés pour ce qui est des exercices d'inhibition. L'aspect ludique permet d'éviter le côté lassant de la prise en charge et nous avons de plus privilégié un choix varié d'exercices, bien que ciblant toujours la même fonction d'inhibition dans ces différentes dimensions. Il est important à ce très jeune âge que l'intervention amène de la motivation, et procure un certain plaisir à l'enfant (Diamond, 2012). Une tâche utilisée de manière répétitive ne nous semblait donc pas appropriée. Le fait d'utiliser des jeux/exercices connus par les enfants augmentaient également leur motivation car cela faisait plus référence à un moment de « jeu » que de « travail ». Les exercices proposés dans le curriculum Tools of the Mind (curriculum d'un an instauré au sein de la classe, Diamond et al., 2007), les jeux sont également très ludiques et intégrés au programme de l'enseignant, et ayant pour but de travailler les FE de manière générale : une chanson est entendue par les enfants lors des moments de rangement, pour rappeler à ceux-ci qu'il faut ranger les jeux et non pas y jouer ; lorsqu'un enfant réalise un exercice, les autres enfants doivent surveiller ses performances ; avant de réaliser un jeu de rôle, les enfants doivent dessiner ce qu'ils prévoient de jouer afin de planifier leurs actions. Diamond instaure également l'utilisation du discours interne pour réguler le comportement, tout comme les prises en charge comportementales citées préalablement qui ont démontré son effet bénéfique. Intégrer cet aspect chez les jeunes enfants, pour qu'ils prennent conscience des stratégies à mettre en place afin de pallier à leurs difficultés, semble de fait très pertinent. Nous verrons dans la section suivante que nous avons intégré cette notion à notre prise en charge.

Nous avons voulu également privilégier le **côté accessible des exercices**. En effet, utiliser des jeux qui existent dans le commerce, ou facilement duplicables, facilite l'utilisation de ces mêmes jeux par les parents à domicile, ou même des enseignants en classe (les jeux de Tools of the Mind sont par exemple faciles à reproduire). A ce sujet l'étude de Halperin et al. (2012) été très bien réalisée car les auteurs utilisaient des jeux peu coûteux de type « Jacques a dit » pour travailler l'inhibition, des exercices de mémorisation de listes de courses pour la mémoire de travail, des jeux de ballons ou encore de corde à sauter pour le contrôle moteur, des puzzles pour les capacités visuo-spatiales, etc. Malheureusement les auteurs ne se basent que sur des questionnaires remplis par les parents et les enseignants pour évaluer l'effet de l'intervention, et ils n'ont pas de groupe contrôle.

Les prises en charge existant chez les jeunes enfants, et qui montrent des résultats encourageants, font référence à des **interventions de groupe**. Nous avons fait le choix de créer une intervention respectant ce critère, pour des raisons pratiques mais également parce que nous estimions que cela se rapprochait le plus de ce que les enfants vivent au quotidien

dans leur classe de maternelle. Constituer une prise en charge de groupe nécessite cependant de tenir compte du fait que chaque enfant doit rester actif, à l'image des exercices proposés par Diamond et al. (2007) dans son programme Tools of the Mind qui a montré un impact positif sur une tâche d'incompatibilité spatiale et une tâche de type « flanker ». Elle propose par exemple de travailler par groupe de deux enfants, l'un ayant en main une carte représentant une bouche, ce qui signifie qu'il est celui qui doit résoudre une tâche, et le second ayant une carte représentant une oreille, ce qui signifie qu'il doit écouter attentivement les productions de son camarade, et reste donc néanmoins actif.

Le principal reproche que nous pourrions faire aux prises en charge existant actuellement dans la littérature chez le jeune enfant est le manque de « délimitation » des fonctions travaillées. En effet, les deux études récentes de Halperin et al. (2012) et Tamm, Nakonezny, et al. (2012), qui sont les seuls à avoir pris en considération le potentiel impact de leur intervention sur la sphère comportementale, ont en réalité travaillé différentes fonctions cognitives simultanément et également impliqué les parents dans des séances de psycho-éducation, ce qui rend le lien de causalité entre inhibition et TEC extrêmement difficile à dégager. Une autre critique concerne le manque d'intégration systématique d'un groupe contrôle : nous savons à quel point les changements développementaux en termes de FE s'opérant à cet âge préscolaire sont importants, il semble donc impensable de ne pas avoir la possibilité d'observer les performances d'un groupe contrôle permettant dès lors d'écarter un éventuel développement spontané des FE au sein du groupe ayant reçu l'intervention. Enfin, un autre paramètre fait souvent défaut dans les récentes études et concerne la nature de la ligne de base en pré- et post-test. En effet, nous connaissons l'importance d'une évaluation multi-informateurs et multi-méthodes est à privilégier dans des troubles tels que les TEC (Roskam, Stiévenart, et al., 2011). Il semble donc important de pouvoir recueillir les évaluations des enseignants en supplément des évaluations parentales. D'autre part, une ligne de base complète reprenant tant des tests cognitifs que des questionnaires reste à privilégier également. En effet, un enfant ne présentera peut-être aucune difficulté lors des tests cognitifs, malgré une évaluation déficitaire à travers les questionnaires. Enfin, étant donné la subjectivité des questionnaires, l'utilisation de paradigme d'observation comme mesure objective du comportement est également à prendre en compte. C'est en tenant compte de tous ces éléments que nous avons créé notre intervention, décrite dans la section suivante.

Table 2. Recherches évaluant l'effet d'un entrainement des FE

Auteurs	**Dowsett & Livesey**	**Rueda et al.**	**Diamond et al.**	**Thorell et al.**	**Röthlisberger et al.**	**Halperin et al.**	**Tamm et al.**
Année de publication	2000	2005	2007	2009	2011	2012	2012
Population	NSE faible à moyen	TV	Faible NSE	TV	TV	TDAH	TDAH
Nbre d'enfants	49	73	147	65	135	29	24
Age	3-4 ans	4 (expé 1 et 2) et 6 ans (expé 3)	5 ans	4-5 ans	5-6 ans	4-5 ans	3-7 ans
% de garçons	ind	51%	ind	50%	60%	66%	75%
Nbre séances	1	5	toute l'année	25	30	5,8 ou 10	8
Timing	ind	5 jours de prise en charge étalé sur 2-3 semaines	En continu	15min/jour pendant 5 semaines	5 x 30 min/sem pendant 6 semaines	-Enfants : 90min/session 3 types : -1x/sem pendant 5 sem -1x/sem pendant 8 sem -2x/sem pendant 5 sem -Parents :20min/session	1x60min/sem pendant 8 semaines (parents ET enfants)
Groupe vs individuel	ind	ind	groupe	ind	groupe	groupe	Groupe
Intervenant	ind	ind	Enseignants	ind	2x/sem par un psychologue, 3x/semaine par l'enseignant	Enfant : psychologue ou doctorant + 2 stagiaires Parents :Dr en psychologie + 1 doctorant ou post-doctorant	Personnes ayant de l'expérience avec les enfants ADHD
Type d'exercices utilisés en intervention	- groupe « training »: entrainement sur une tâche de type tri des cartes et stop-signal, avec feedback fourni -groupe « pratice » :entrainement au GonoGo (le même qu'en prétest), sans feedback fourni	9 ou 10 exercices avec niveaux de difficultés croissantes (type stroop, résolution de conflits, discrimination de stimuli, exercices d'anticipation, etc)	Programme Tools :40 activités entrainant les FE en général au cours des apprentissages scolaires	-groupe clinique MdT :exercices informatisés de MdT visuo-spatiale -groupe clinique inhibition : exercices informatisés de type GoNoGo, stop signal et flanker task Utilisation de feedback (gain de point pour les bonnes réponses)	Jeux, à l'école, par groupe, par deux ou en individuel	Programme TEAMS : jeux ciblant - contrôle inhibiteur - control moteur - MdT - attention -capacités visuo-spatiales - planification + aérobic + psycho-éducation pour les parents sur TDAH + travail à domicile	-enfants: jeux ciblant inhibition, mémoire, attention, visuo-spatial, coordination main-œil etc + principe de TCC -parents : séances pour apprendre à mener les exercices soi-même à domicile
Pré-test	GoNoGo	Child ANT	Pas de prétest	Tâches évaluant : inhibition,Mdt visuo-spatiale et verbale,attention auditive et visuelle, résolution de problème et temps de réaction	Tâches d'interférence, de Mdt et de flexibilité ciblant les différentes FE	-Questionnaires comportementaux (parents et enseignants), de satisfaction des parents et de compliance au traitement -pas de tests cognitifs	Tâches d'attention, inhibition, Mdt, flexibilité + BRIEF (parents)

Post-test	Idem prétest	Idem prétest	-Tâche « Dots » -Tâche « Flanker »	Idem prétest	Idem prétest	Idem prétest	Idem prétest
Résultats	Amélioration en post pour les 2 groupes, avec une meilleure amélioration pour le groupe « training ». Les deux groupes sont meilleurs que le groupe contrôle	-Pas de différence entre les résultats des expé 1 et 2 donc sont combinés dans les analyses suivantes -pas d'interaction temps x groupe pour le Child ANT, ni chez les 4 ans ni chez les 6 ans	Meilleures performances du groupe Tools comparé au groupe dBL sur les 2 tâches	-PEC Mdt : effet sur tâches entrainées et non entrainées, et sur l'attention -PEC inhibition : effet sur certaines tâches entrainées seulement et pas de transfert à d'autres tâches -groupe passif = groupe actif	-Pour les 5 ans : amélioration en MdT et flex -Pour les 6 ans : amélioration au niveau de l'interférence	-bon engagement des familles lors des sessions	Amélioration en Mdt, attention/contrôle attentionnel + échelle BRIEF (shift, Mdt, index de métacognition, échelle générale de FE)
Groupe contrôle	Liste d'attente	Expé 1 : waiting list Expé 2 et 3: 5 séances de dessins animés étalées sur 2-3 semaines	Groupe recevant une autre intervention ne ciblant pas les FE (programme dBL)	-Groupe contrôle actif : jeux ne ciblant ni l'inhibition ni la Mdt (15min/jour) - Liste d'attente	Liste d'attente	Non	Non
Impact sur le comportement	Pas testé	Pas testé	Pas testé	Pas testé	Pas testé	Diminution des symptômes ADHD (inattention et impulsivité) qui se maintient 3mois plus tard. Diminution selon parents et enseignants	-SNAP-IV : les parents et cliniciens voient une amélioration mais pas confirmé par les enseignants -SKAMP :pas d'amélioration des comportements TDAH au sein de la classe

Ind = information indisponible

3. Intervention mise en place dans le cadre de « H2M-Children »

Nous avons pu voir dans la section précédente que peu d'études existent en ce qui concerne les prises en charge neuropsychologiques centrées spécifiquement sur l'inhibition à l'âge préscolaire. Plus rares encore sont celles qui testent l'efficacité d'une telle prise en charge sur la sphère comportementale. Par ailleurs, nombre de ces études souffrent de problèmes méthodologiques.

Nous avons donc voulu dans cette thèse mettre en place une prise en charge qui nous permettrait de tester le lien de causalité entre inhibition et TEC, tout en tenant compte de critères nous paraissant primordiaux :

- *L'inhibition comme FE cible* : nous avons vu dans les sections précédentes que l'inhibition semblait être la FE la plus liée aux TEC, et qu'elle représentait un facteur de risque dans le développement des TEC. Le but de cette thèse étant de tester le lien de causalité entre ces deux variables, notre intervention ciblait l'inhibition, à savoir l'inhibition d'une réponse prédominante, l'interruption d'une réponse en cours, le contrôle de l'impulsivité et l'inhibition de distracteurs externes/contrôle de l'interférence.
- La *population* : nous avons testé notre intervention dans deux types de population : des enfants tout-venant et des enfants présentant des TEC.
- Le *nombre de séances* : les diverses études chez les enfants d'âge préscolaire comportent entre 8 et 30 séances. Seuls Dowsett et Livesey (2000) ont observé l'effet d'une séance unique sur les FE. Bien qu'ils aient mis en évidence des résultats encourageants lors de leur séance d'intervention (amélioration dans une tâche de Go-NoGo suite à un entrainement en une séance à des épreuves de type tri des cartes ou stop signal), ils n'ont pas regardé l'effet que cela pourrait avoir sur le comportement, et il semble fort peu probable qu'une seule séance puisse être suffisante pour garder le bénéfice sur la durée, dans une population d'enfants présentant des TEC. Il est par ailleurs difficile dans la pratique clinique, pour des raisons évidentes d'organisation et de mise en place, d'intégrer des curricula comme Tools of the Mind d'Adèle Diamond (2007) au sein des écoles. Chez les enfants plus âgés, nous avons vu que l'étude de Noël et al. (2007) ont montré des résultats encourageants, tant au niveau cognitif que comportemental, suite à une prise en charge de 15 séances centrées sur l'inhibition. Lors de la création de notre intervention, il nous semblait évident qu'il faille un nombre suffisamment important de séances pour observer une éventuelle amélioration des performances, mais suffisamment restreint afin de permettre sa mise en place lors de suivi thérapeutique et afin de diminuer le risque d'abandon de l'enfant et/ou des parents comme on peut le constater lors de suivi sur du trop long-terme. Nous avons donc fixé le nombre de séances à 16, à savoir deux séances par semaine, ce qui se rapproche le plus de la réalité clinique.
- *La durée des séances* : chaque séance durait 45 minutes, de sorte que cela laisse le temps à l'enfant de « rentrer » dans la séance, mais également de ne pas laisser une trop grande fatigue s'installer à ce jeune âge.

- *L'expérimentateur* : nous avons pris en charge l'ensemble des séances de manière à nous assurer que cela était fait correctement, et nous avons reçu l'aide d'un(e) stagiaire afin de faciliter la mise en place des exercices dans le groupe. Quand cela était possible, nous privilégions un expérimentateur différent pour les pré- et post-test.
- *Des séances en petits groupes* : la prise en charge de groupe permet de sortir du cadre plus classique des séances individuelles. Il n'est pas rare d'observer que les difficultés d'inhibition ou comportementales des enfants TEC sont souvent plus marquées dans la vie quotidienne qu'en relation duelle lors d'une évaluation par un clinicien : il faut par exemple patienter pour que ce soit à son tour de répondre. Une prise en charge de groupe permet donc de se rapprocher plus du cadre de la vie quotidienne, ce qui pourrait peut-être plus facilement favoriser le transfert des acquis à la vie de tous les jours. Les groupes étaient donc constitués de 4 enfants. Enfin, grâce à la dynamique de groupe, chaque enfant peut être « acteur » lors des différents exercices et aucun ne reste donc passif, comme préconisé par Diamond (2012).
- *Des séances ludiques* : nous savons que le jeu est important dans le développement de l'enfant (Van Nieuwenhoven, 2001). Nous avons dès lors fait particulièrement attention au caractère ludique des exercices que nous voulions proposer. Le facteur ludique est en effet primordial pour augmenter la motivation de l'enfant, notre but étant que l'enfant s'implique un maximum dans la prise en charge et maintienne son activité jusqu'au bout.
- *Des exercices adaptés à l'âge et aux compétences acquises* : Nous avons porté attention au fait que nos exercices ne devaient pas nécessiter la lecture, puisqu'à l'âge préscolaire, les enfants n'ont pas encore acquis les compétences de lecture et d'écriture. Il était cependant particulièrement important de rester dans la zone proximale de développement de l'enfant. En effet, il ne fallait pas que les exercices proposés soient trop faciles à réaliser pour les enfants, auquel cas ils auraient risqué de rapidement s'ennuyer, mais il ne fallait pas non plus que le niveau de difficulté soit trop élevé afin d'éviter un certain découragement, voire de l'abandon. La plupart des jeux/exercices utilisés étaient des jeux commercialisés pour lesquels nous avions changé les règles afin de s'assurer que nous travaillions bel et bien l'inhibition. Cela avait également l'avantage de faciliter l'accès à ces jeux pour les parents qui le souhaiteraient après l'intervention. Certains jeux se jouaient par deux, d'autres par quatre. Certains jeux sur table ou au sol, nécessitaient un certain calme/contrôle comportemental tout au long du jeu (principalement ceux ciblant la gestion de l'impulsivité), d'autres demandaient aux enfants d'alterner entre des phases de mouvement de tout le corps, et des phases d'arrêt du mouvement (exemple : chaise musicale, freeze dance).
- *La présence d'un groupe contrôle* : étant donné l'âge des enfants enrôlés dans nos études, il semble primordial d'avoir accès à un groupe contrôle. En effet, nous avons vu que la période préscolaire est une période charnière dans le développement des FE. L'absence d'un groupe contrôle dans l'évaluation de l'efficacité d'une prise en charge comme la nôtre ne nous permettrait pas d'exclure la potentielle évolution spontanée des enfants, concluant alors à tort à une amélioration significative des performances.

- *L'utilisation de la métacognition* : Flavell fut un des premiers, dans les années 70, à aborder le concept de « métacognition » : *« La métacognition se rapporte à la connaissance qu'un sujet a de ses propres processus cognitifs, de leurs produits et de tout ce qui y touche, par exemple, les propriétés pertinentes pour l'apprentissage d'informations ou de données […]. La métacognition se rapporte entre autres choses, à la surveillance active, à la régulation et l'orchestration de ces processus en fonction des objets cognitifs ou des données sur lesquels ils portent habituellement pour servir un but ou un objectif concret »* (Flavell, 1976; cité par Pinon, 2007). Par cette définition, Flavell faisait déjà référence aux représentations et à la compréhension que l'on a de son propre fonctionnement cognitif (Flavell, 1979). La métacognition permet donc au sujet de prendre conscience de ses processus cognitifs et de la façon dont il peut les utiliser. Flavell rapportait également que le jeune enfant avait une connaissance limitée de son propre fonctionnement, de faibles capacités métacognitives donc. Pourtant, nous pouvons aisément comprendre l'importance des capacités métacognitives dès le plus jeune âge, tant à domicile qu'en milieu scolaire, dans des tâches exécutives non-routinières ou même lors de nouveaux apprentissages. Comprendre son propre fonctionnement permet à l'enfant de gérer une tâche, de comprendre que la gestion de cette tâche pourrait éventuellement être appliquée à d'autres tâches facilitant alors le transfert des acquisitions, cela permet également à l'enfant de développer une certaine autonomie grâce au développement d'un certain contrôle de soi. Autant d'aspects qui peuvent favoriser la réussite scolaire mais également la régulation émotionnelle dans le cas d'enfants présentant des TEC. Lorsque pour certaines tâches l'enfant devient « expert », ces procédés métacognitifs deviennent davantage inconscients.

  Dunlosky et Metcalfe (2009) rappellent qu'il existe différents aspects de la metacognition : 1) les *connaissances métacognitives* qui réfèrent aux connaissances que le sujet a sur ses propres cognitions et qui sont stockées en mémoire à long terme, pouvant être récupérées consciemment à tout moment ; 2) le *monitoring métacognitif* qui réfère à la capacité du sujet à évaluer l'état de son activité cognitive afin de voir où il en est dans la tâche à effectuer et permettant donc la vérification du déroulement des processus cognitifs, et enfin 3) le *contrôle métacognitif* référant à la capacité du sujet à réguler son activité cognitive afin de s'assurer que la tâche à effectuer est correctement réalisée et éventuellement rectifier les processus erronés en cours.

  En ce qui concerne les interventions visant l'amélioration des FE grâce à la métacognition, le Goal Management Training (GMT) est utilisé avec les patients en neuropsychologie de l'adulte, afin de rééduquer les activités de la vie quotidienne. Le GMT a pour but de promouvoir une approche consciente dans l'accomplissement de tâches de la vie quotidienne. Il s'agit de conscientiser le patient sur le but à atteindre et les moyens à mettre en œuvre pour y parvenir, cela grâce à des techniques d'auto-instruction, de « self-monitoring » ou encore de contrôle cognitif, faisant référence aux différents aspects métacognitifs mentionnés ci-dessus. Par certains exercices, le GMT permet au sujet de comprendre quelle FE entre en jeu dans telle ou telle activité quotidienne (pour une description plus détaillée, voir Levine et al., 2011 et pour un accès au matériel voir sur www.GoalManagementTraining.com). Le GMT se base initialement sur la théorie

de Duncan, à savoir « la négligence du but » (Duncan, 1986; Duncan, Emslie, Williams, Johnson, & Freer, 1996; Duncan, Johnson, Swales, & Freer, 1997). En effet, le déficit majeur des adultes souffrant de syndrome dysexécutif résiderait dans le fait qu'ils ne parviennent plus à maintenir activé le but de leurs actions, ce qui amène à un comportement fortement désorganisé. Le but du GMT est donc de maintenir le but activé, entre autres à l'aide d'indices, afin d'éviter le mode « pilote automatique » dans des circonstances qui nécessitent une adaptation du comportement adéquat. Pour cela, un principe de base du GMT est ***« Stop - Quel est ton but ? - Fractionne ton but en plusieurs étapes - Vérifie la réponse finale »*** (Krasny-Pacini, Chevignard, & Evans, 2014).

Récemment, une méta-analyse a étudié l'effet du GMT dans le cadre d'interventions visant l'amélioration des FE chez des patients adultes cérébrolésés (Krasny-Pacini, Chevignard, et al., 2014). Les auteurs ont mis en évidence que, bien que le GMT à lui seul ne semble pas suffir pas à améliorer de manière significative les FE lors d'évaluations purement cognitives, il semblerait que les patients en tirent un certain bénéfice lorsqu'il est associé à un autre type de prise en charge (intégrant généralement une prise en charge de l'attention).

Chez l'enfant, l'utilisation de la métacognition dans des prises en charge a déjà montré ses bénéfices sur le raisonnement mathématique par exemple (Kramarski & Mevarech, 2003; Teong, 2003). Récemment, Krasny-Pacini, Limond, Evans, Hiebel, Bendjelida et Chevignard (2014) ont testé, chez 4 enfants cérébrolésés âgés de 8 à 14 ans éprouvant de grandes difficultés exécutives au quotidien, l'efficacité d'une intervention métacognitive basée sur le GMT et sur les principes de Ylvisaker[1] sur 3 activités impliquant les FE qui sont généralement touchées après un traumatisme crânien : 1) la performance en mémoire prospective dans une situation écologique (se souvenir de mener à bien une action ciblée), 2) la gestion d'une tâche complexe de cuisine (recette d'un gateau au chocolat et d'un cocktail de fruits), 3) le fonctionnement exécutif quotidien à l'école et à la maison. L'intervention consistait en 15 modules (environ 15-20 heures) étalés sur 4-6 mois. Le matériel utilisé était des présentations powerpoint mais également un guide de « coach cognitif » et des posters pour la maison et l'école. Le matériel ne différait pas grandement du matériel de GMT chez l'adulte mais a été rendu plus attractif pour les enfants. Les enfants se sont améliorés après l'intervention, tant en mémoire prospective[2] qu'au niveau des questionnaires concernant les FE dans la vie de tous les jours (BRIEF – Gioia (2000), DEX-C – Wilson, Alderman, Burgess, Emslie et Evans (2003)). Les auteurs rapportent cependant que les résultats étaient plus mitigés concernant la tâche de cuisine, et qu'il n'était pas évident de maintenir l'implication de l'entourage (parents et enseignants) lors de l'intervention, malgré un guide fourni régulièrement qui permettait de donner des pistes à l'entourage sur la manière d'intervenir efficacement au quotidien.

[1] Selon Ylvisaker (1998), il est important que l'entourage soit impliqué dans la prise en charge (parents, enseignants, baby-sitter, etc.), et que les activités proposées ne soient pas décontextualisées, elles doivent un sens pour le sujet à rééduquer d'où l'utilisation de tâches de la vie quotidienne.

[2] Tâche où les enfants devaient se rappeler à une heure précise, 3 fois par semaine, qu'ils devaient envoyer un message à leur thérapeute, indiquant quel Saint était fêté ce jour-là. Si le message était reçu à la bonne heure, 3 points étaient attribués, 2 si le message était reçu dans la journée, 1 si c'était un autre jour que celui fixé au préalable, 0 si la tâche avait été oubliée.

Il n'existe cependant pas à notre connaissance de prise en charge validée centrée sur les FE et utilisant la métacognition en tant que telle chez de jeunes enfants présentant des TEC. L'utilisation de la métacognition comme nous en avons fait usage dans notre intervention permet à la fois d'amener l'enfant à comprendre les mécanismes en jeu dans chaque exercice proposé mais aussi de maintenir chaque enfant en mode « actif ». En effet, nous avons progressivement introduit aux enfants des personnages fictifs dans le but d'améliorer leur métacognition sur leur fonctionnement exécutif. Ces personnages sont inspirés du programme *Reflecto* (Gagné & Longpré, 2004), une méthode d'intervention pour enfants et adolescents souffrant de difficultés de type TDAH, utilisant la métacognition en introduisant huit personnages ayant chacun une fonction représentant une des FE. L'utilisation de la métaphore de l'emploi/fonction permet l'activation, grâce à une image unique, d'un ensemble de représentations mentales déjà présent dans le répertoire de l'enfant. Dans le cas de notre intervention, nous avons utilisé trois personnages que nous avons personnalisés. Le premier, *le gendarme*, fait « STOP » de la main en sifflant et apprend une petite chanson aux enfants « Stop : je réfléchis et puis j'agis ». Ce personnage est utilisé dans tous les exercices impliquant l'inhibition d'une réponse prédominante. Il était rappelé aux enfants de penser à leur gendarme dans le but de les aider à ne pas répondre trop vite ou de manière trop impulsive. Le deuxième personnage, *la statue*, aidait les enfants à rester calmes lors des exercices impliquant le contrôle moteur. L'expérimentateur invitait les enfants à prendre conscience des parties du corps qui avaient le plus tendance à bouger. Les enfants étaient encouragés à faire attention à ces parties du corps et à apprendre à les contrôler. Le pictogramme de la statue était présenté avant chaque activité requérant du calme, ou lorsque les enfants étaient trop excités avant un exercice. Enfin, le troisième personnage, *le détective*, aidait les enfants à vérifier s'ils ne faisaient pas d'erreurs lors d'un jeu, mais invitait aussi les enfants à vérifier le comportement des camarades dans le groupe. Grâce à ces trois personnages (Figure 7), les enfants apprenaient quelle fonction était la plus impliquée dans chaque exercice. Cela permettait également à chaque enfant de rester actif puisque lorsque l'enfant ne devait pas répondre, il devait agir tel le détective pour vérifier que ses camarades ne commettaient pas d'erreurs. Enfin, tout au long des séances, des feedback étaient donnés continuellement aux enfants. Par exemple, dans un jeu se centrant sur l'inhibition d'une réponse prédominante, les enfants étaient félicités et recevaient une carte « gendarme » à chaque fois qu'ils répondaient correctement. A l'inverse, lorsqu'un enfant répondait alors que ce n'était pas son tour, ou qu'il n'interrompait pas une réponse en cours, l'expérimentateur le mentionnait à l'enfant verbalement et l'enfant perdait une de ses cartes « gendarme ». Dans un exercice de groupe nécessitant de contrôler l'agitation psychomotrice, si les enfants parvenaient chacun à leur tour à jouer sans bouger, ni faire tomber une pièce, chaque enfant du groupe recevait une carte « statue ». Enfin, il était également possible de gagner une carte « détective » lorsqu'un enfant mettait en évidence une erreur chez un de ses camarades. Le but pour chaque enfant était de récolter un maximum de cartes, gage de la qualité de leur travail, mais cela n'entraînait pas pour autant une récompense matérielle. Par l'utilisation de ces trois personnages, nous nous rapprochions dès lors du principe de base du GMT, tout en tenant compte du rôle important du langage sur l'action dont nous parlions précédemment

(Derouesné, 2011), puisque petit à petit les enfants intériorisaient la chanson « Stop, je réfléchis et puis j'agis ».

Figure 7. Pictogrammes du gendarme, de la statue et du détective

Lors de chaque séance, les enfants se retrouvaient au même endroit (à l'école pour l'étude chez les tout-venant, dans nos bureaux de consultation de la Faculté pour la population clinique). Lors des quatre premières séances, les personnages étaient progressivement présentés et introduits dans les exercices proposés. Afin de rester dans la zone proximale de développement (cf. supra), le niveau de difficulté des exercices évoluait d'une séance à l'autre. Etant donné que nos exercices ne se présentaient pas sous forme de programme informatique, nous ne pouvions pas assurer une évolution du niveau de difficulté par palier. De plus, il fallait que le groupe atteigne un certain niveau de manière générale avant d'augmenter la difficulté, pour garder une certaine cohérence. Dès lors, quand nous observions que l'ensemble des enfants réalisait correctement la tâche proposée, nous passions à un niveau de difficulté supérieur, en général en ajoutant une condition de flexibilité. Par exemple, dans le jeu du « Plus grand en réalité », l'enfant voit sur une planche A4 disposée horizontalement deux animaux, l'un de petite taille et l'autre de grande taille. Mais la taille de l'image n'est pas forcément congruente avec la taille de l'animal en réalité, par exemple il peut y avoir un petit éléphant et une grande souris. Le but est de pointer le plus vite possible l'animal qui est le plus grand en réalité (et non sur la planche). Dans une condition plus difficile, lorsque la planche présente une bordure noire, l'enfant doit alors changer de règle et dès lors pointer l'animal qui est le plus grand sur l'image. En fonction de la performance générale du groupe, on passait d'une condition à l'autre rapidement ou non.

De manière générale, l'intervention était bien reçue par les enfants. Ceux-ci appréciaient le caractère ludique des exercices, et aucun n'a abandonné l'intervention avant son terme. Lorsque certains enfants avaient du mal à venir en consultation, ce n'était en général pas par manque de motivation, mais plutôt lié à des difficultés d'attachement au parent qui les

conduisait. Dans les deux populations, le taux de présence aux séances était élevé, avec à peine une ou deux séances manquée(s) sur les seize. Nous étions également attentifs au fait que l'environnement où se déroulaient les séances soit dépouillé de toute sorte de distractions, et nous posions les jeux hors de la vue des enfants afin que ceux-ci restent concentrés sur la tâche en cours et non pas intrigués par les jeux suivants.

La Table 3 décrit chacune des 16 séances de notre intervention, en mentionnant quel(s) composant(s) sont ciblé(s) lors de chaque exercice, ainsi que la modalité pratique de l'exercice (jeu tous ensemble ou par deux). Comme expliqué précédemment, nous nous sommes centrés dans cette prise en charge sur les quatre composantes de l'inhibition : inhibition d'une réponse prédominante, interruption d'une réponse en cours, contrôle de l'interférence/des distracteurs et gestion de l'impulsivité. Nous décrirons ci-dessous, en guise d'exemple, quelques jeux utilisés en séance.

- **Inhibition d'une réponse prédominante** :

Exercice type Day/night : Il s'agit d'un exercice à jouer à deux, avec l'expérimentateur comme superviseur supplémentaire. A tour de rôle, l'un des enfants joue avec l'expérimentateur (et doit donc penser à son gendarme) pendant que le second surveille les performances du premier et relève les éventuelles erreurs, restant donc actif mais ayant le rôle du « détective ». Tout le monde est donc à nouveau actif. Dans une première phase, l'expérimentateur retourne des cartes une à une, sur lesquelles figure soit Mickey soit Minnie. Si la carte illustre Mickey, l'enfant doit dire Minnie et inversement. Dans une phase plus complexe, une partie flexibilité est ajoutée. La règle reste la même mais on insère des cartes qui ont un bord plus foncé. Lorsque l'une de ces nouvelles cartes est piochée, l'enfant doit dire ce qu'il voit en réalité, c'est-à-dire la réponse prédominante. Diverses versions de ce jeu sont disponibles : main/pied, fille/garçon, papa/maman, petit/grand, pomme/poire.

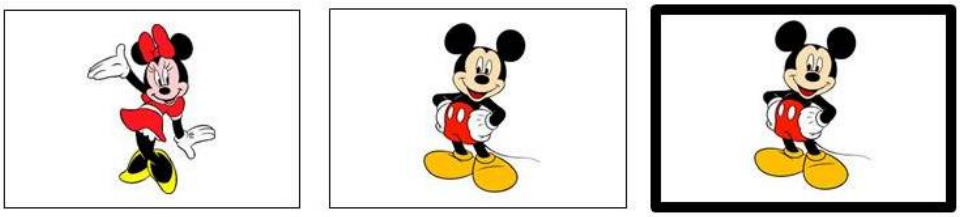


Figure 8. Illustration du jeu type « day/night »

Crok Crok Crok (BioViva) : Il s'agit d'une adaptation du jeu original, à jouer avec l'ensemble du groupe. Tout le monde est donc actif. Un chevalet est posé à table, sur lequel figurent des animaux auxquels est associé un aliment (singe/banane ; lapin/carotte ; souris/fromage). Il s'agit d'associations bien connues des enfants, afin d'assurer la présence

de la réponse prédominante. Au milieu de la table sont posés une banane, une carotte et un fromage, tous en mousse. L'expérimentateur est en possession d'un tas de cartes. Sur les cartes figurent un des trois animaux, dans trois configurations possibles : soit l'animal dans sa forme normale, soit les yeux bandés, soit endormi. Dans une première phase du jeu, l'expérimentateur ne retourne que des cartes normales, et les enfants doivent attraper le plus vite possible l'aliment associé à l'animal. Dans une seconde phase, l'expérimentateur ne retourne que des cartes « yeux bandés » et les enfants doivent attraper le plus vite possible un aliment qui n'est pas celui associé à l'animal, et donc inhiber la réponse prédominante. Dans une phase plus complexe, on mélange les cartes et on ajoute également les cartes « endormi » (pour lesquelles les enfants ne doivent rien faire), et les enfants doivent donc constamment changer de règle. Il est expliqué aux enfants que le personnage impliqué dans ce jeu est le gendarme, et que ce dernier doit leur rappeler de « réfléchir avant d'agir ». A chaque tour, l'enfant qui répond correctement lors de cet exercice reçoit une carte gendarme.

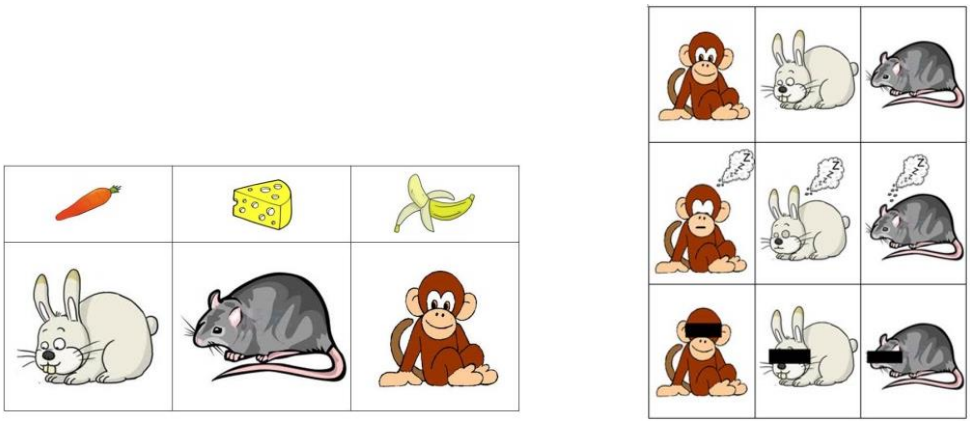


Figure 9. Illustration du jeu « crok crok crok »

- **Interruption d'une réponse en cours** :

Cette composante de l'inhibition fait entre autres référence à des jeux de type *« chaise musicale »* ou encore *« freeze dance »*. Dans le premier, les enfants doivent marcher dans la pièce sur une musique, et s'asseoir dès que la musique s'arrête. Il y a une chaise en moins que le nombre d'enfants. Celui qui n'a pas pu s'asseoir est éliminé. Dans le « freeze dance », les enfants dansent sur de la musique et doivent s'arrêter de bouger lorsque la musique s'arrête. Une variante plus complexe nécessite que les enfants dansent sur de la musique, et ils doivent s'arrêter lorsqu'un son précis, défini à l'avance, est entendu. La bande son est constituée de blancs, du son cible (par exemple le cri d'un coq), mais également d'autres sons, plus ou moins proches de la cible (par exemple le son d'un instrument ou d'un autre animal).

Nous avons également mis au point un exercice que nous avons appelé *« comptage »*. Tous les enfants sont autour de la table, et un enfant doit piocher une carte sur laquelle figure un chiffre de 1 à 10. L'enfant qui a pioché la carte doit compter le plus vite possible jusque 10, en omettant le chiffre de la carte. On s'assure auparavant que la chaîne numérique jusque 10 est bien acquise. Si l'enfant réussit, il gagne une carte « gendarme ». Les autres enfants doivent rester actifs en surveillant la production de leur camarade, jouant ainsi le rôle du détective.

- **Gestion de l'impulsivité** :

Salut les pingouins (Ravensburger) : Il s'agit d'une adaptation du jeu original, à jouer avec l'ensemble du groupe. Tout le monde est donc actif. Au début de la partie, on répartit équitablement les pingouins entre les enfants. Chacun à son tour va tenter de placer sur l'iceberg un de ses pingouins sans rien renverser. A chaque fois que les enfants réussissent un tour complet sans faute, ils font gagner une carte « statue » au groupe. À la fin de la séance, on comptabilise le nombre de cartes « statue » gagnées par le groupe et si plus de x cartes (à définir ensemble), le groupe reçoit une petite collation. Dans cet exercice, les enfants doivent donc faire appel à la « statue », celui qui joue pour contrôler ses mouvements, les autres pour laisser le calme régner pendant que leur camarade joue.

Figure 10. Illustration du jeu « salut les pingouins »

- **Inhibition des distracteurs externes** :

Candy (Beleduc) : Il s'agit d'un jeu à jouer avec l'ensemble du groupe. Tout le monde est donc actif. Des bonbons en carton uni-, bi- ou tricolores sont disposés sur un tapis. Il y a trois dés, chacun comportant les 6 couleurs suivantes : blanc, jaune, rouge, orange, bleu et vert. Dans une phase de départ, l'expérimentateur lance uniquement 1 dé et les enfants doivent trouver le plus rapidement possible un bonbon comportant cette couleur. Ensuite, dans une deuxième phase, on utilise deux dés et les enfants doivent trouver le bonbon qui comporte ces deux couleurs. Enfin, dans la troisième phase, on lance les trois dés et les enfants doivent trouver le plus rapidement possible le bonbon correspondant parmi les distracteurs. Dans cette dernière phase, il n'y a donc qu'un seul bonbon cible. Les différents personnages entrent en jeu dans cet exercice. La statue leur permet de rester calmes, le détective leur permet de ne pas se précipiter sur le premier bonbon observé, et le détective surveille les réponses des autres camarades. Les différentes cartes peuvent à nouveau être gagnées par les enfants.

Figure 11. Illustration du jeu « candy »

4. Conclusion

Nous avons fait le tour dans ce chapitre des diverses interventions centrées sur les FE, disponibles tant chez les enfants d'âge scolaire que préscolaire. Nous avons vu que les prises en charge chez le très jeune enfant sont rares, diffèrent sur de nombreux critères, et présentent régulièrement des aspects méthodologiques discutables en termes d'interprétation des résultats. Nous avons donc eu pour objectif dans cette thèse de mettre au point une intervention qui tenterait de combler certaines de ces lacunes

méthodologiques, en gardant en tête, lors de la création de nos différents exercices, les éléments qui ont permis ou non de montrer des résultats significatifs dans d'autres études. Nous espérions par-là répondre à notre hypothèse de base, à savoir qu'une prise en charge centrée sur l'inhibition aurait non seulement un effet bénéfique sur l'ensemble des FE, mais améliorerait également le comportement, ce qui nous permettrait de mettre en exergue le possible lien de causalité entre TEC et inhibition.

Table 3. Description des séances d'intervention (Volckaert & Noël, 2015)

Session	Inhibition component targeted	Task's name	Short Description[a]	Type of exercises[b]
1		- Policeman presentation	- Explanation about the role of the policeman	All Together
	Inhibition of a predominant response	- Logipix	- The child must complete a grid (coloring the boxes), going in the opposite direction that those shown by the arrows	Individual
	Interruption of an ongoing response	- Cancellation task "Everything except…"	- The child must cancel all the dogs on a A4 sheet, except the dogs with a black tail	Individual
2		- Recall on Policeman	- Recall about the role of the policeman	All Together
		- Detective presentation	- Explanation about the role of the detective	All Together
	Interference control	- Bigger In Reality	- On a A4 sheet, there is 2 animals (e.g. a small elephant and a big mouse). The child must say which one is the bigger in reality. One child is playing, the other is controlling.	Two by two
	Interruption of an ongoing response	- Musical chair	- Children must dance in the room and when the music stop, they must quickly sit (there is not enough seats for everyone)	All Together
	Inhibition of a predominant response	- Simon says	- Children must execute only the commanded action if the interventionist says « Simon says »	All Together
3		- Recall on Policeman and Detective	- Recall about the role of the policeman and the detective	All Together
	Inhibition of a predominant response	- Day/night (Girl/boy)	- Children must say the opposite compared with what they see (e.g. Say "girl" when there is a "boy" on the card, vice versa)	Two by two
	Inhibition of a predominant response	- Mosquito (Djeco)	- In the center of the table there is a flower, an apple, a mosquito and everyone has their little bee. The same number of cards is given to everyone. Each child returns a card at the same time. If there are two apples, everyone rushes to catch the apple in the center of the table. If there are two mosquitos, only children who returned a mosquito card try to catch the central mosquito. If they are two bees, children must put their bee on the flower. If all the cards are different, nothing happens.	All Together
4		- Statue presentation	- Explanation about the role of the statue	All Together
	Impulsivity control	- Hi the Penguins! (Ravenburger)	- Children must gently drop one penguin at a time on a moving floe, without dropping out the others	All Together
	Inhibition of a predominant response	- Day/night (Minnie/Mickey)	- Children must say the opposite to what they see (e.g. Say "Minnie" when there is "Mickey" on the card, vice versa)	Two by two
5	Interruption of an ongoing response	- Counting	- Children must count as fast as possible until 10, without saying a target number (they dig in advance a card with a number between 0 and 10)	All Together
	Inhibition of a predominant response	- Sardine (Djeco)	- There is a card with 8 sardines in the center of the table. The interventionist returns one card at a time with one sardine on it. Children must catch this card as fast as possible unless it is one of the 8 sardines on the central card.	All Together
6	Impulsivity control	- Jenga (Hasbro)	- Remove one piece of wood at a time on a tower, without dropping the other	All Together
	Inhibition of a predominant response	- Thumb cards	- Make the opposite gesture of the card (thumb is up or down)	All Together
7	Interruption of a predominant response	- Everything except cats	- Children must tap on the table for each animal appearing on the screen, except when this is a cat	Two by two
	Interruption of a predominant response	- Winnie (computer game)	- Children must tap on the table each time Winnie or his friend appears alone on the screen, except when they are all together	Two by two
	Inhibition of a predominant response	- Logipix	- see above	Individual

8	Inhibition of a predominant response	- Day/Night (Appel/Pear)	- Children must say the opposite compared with what they see (e.g. Say “pear” when there is an “apple” on the card, vice versa)	Two by two
	Inhibition of a predominant response	- Cocotaki (Gigamic)	- Cards game with several rules : e.g. make the sound of the animal on the card, except if it is a red rooster	All Together
9	Inhibition of a predominant response	- Do this, Do that	- Children must execute the commanded action only if the interventionist says « Do this »	All Together
	Inhibition of a predominant response	- Pippo (Gigamic)	- Children must find as fast as possible the missing animal and its color	All Together
	Inhibition of a predominant response	- Small/Big	- Children must say “big” when they see an elephant, and “small” when they see a mouse, regardless of the size on the card	Two by two
10	Inhibition of a predominant response	- Pigeon fly	- The interventionist read a word list. Children must answer “fly” for each word about something flying (=the majority), and say nothing for the other words (= the minority)	All Together
	Inhibition of a predominant response	- Crok Crok Crok (BioViva)	- There is a central board displaying 3 animals (1 rabbit, 1 monkey, 1 mouse) with their respective food (carrot, banana, cheese). This allows children to properly remember the associations. The food (foam) is in the middle of the table. We return the cards one by one, when the animal appears "normal", children must take as fast as possible the corresponding food in the center of the table. When the animal appears “blindfolded” they have to take a “wrong” food. When the animal appears “asleep”, they must do anything.	All Together
	Inhibition of a predominant response	- Simpson	- When Homer Simpson touches his head, children must raise hands, and vice versa. But when his arms are crossed, children must cross their arms too.	All Together
11	Impulsivity control	- Animals pyramid (Haba)	- Children must put wood animals on the top of each other without dropping them	All Together
	Inhibition of a predominant response	- Day/night (Bike/motobyke)	- Children must say the opposite compared with what they see (e.g. Say “Bike” when there is “motorbike” on the card, vice versa)	Two by two
12	Inhibition of a predominant response	- Clown	- A target card is on the table and the experimenter turns the other cards one after the other. If the returned card is identical to the target, children must catch the card as fast as possible. If not, children must do nothing.	All Together
	Inhibition of a predominant response	- Halli Galli	- The interventionist presents cards to the child, one at a time, with a slow pace and than a faster pace. The child must hit the table for all cards except the target one ((e.g. the strawberries).	Two by two
13	Inhibition of a predominant response + task switching	- Rain/Snow game (Röthlisberger et al. 2011) : rules 1 to 4	- Children must place cards with raindrops on the blue part of a chart and those with snowflakes on the white part; the rule changes when there is in addition the cards a sun or a snowman.	Two by two
	Inhibition of external distractors	- Adaptation of Minimatch (Djeco)	- Each child receives 5 cards. A board with lots of pictures is on the table. All children at the same time look at their cards and if one of the cards is the same than one of the pictures on the board, they must say it. They have to be careful because there is some distractors (very similar pictures differing on one little criterion)	All Together
14	Inhibition of a predominant response + task switching	- Rain/Snow game (Röthlisberger et al. 2011) : rules 5 and 6	- see above (more difficult rules)	Two by two
	Inhibition of external distractors	- Candy	- Children must find, as fast as possible, the candy corresponding to the combination of colors from the dices	All Together
	Inhibition of a predominant response	- Halli Galli	- see above (more difficult rules)	Two by two
15	Inhibition of a predominant response + task switching	- Rain/Snow game (Röthlisberger et al. 2011) : rule 7	- see above (more difficult rules)	Two by two
	Inhibition of a predominant response	- Other color	- Children hear a word list and must answer a color different from the word color	All Together
16	Interruption of an ongoing response	- Freeze Dance	- Children must stop moving when the music stops	All Together
		- Summary of the 3 characters	- We ensure that every child remembers the 3 characters	All Together
		- “Graduation”	- Each child receives his/her diploma	All Together

PARTIE II

CONTRIBUTIONS EMPIRIQUES

Introduction

Dans la partie empirique de cette thèse, nous vous présenterons les résultats concernant l'efficacité de notre intervention d'une part au sein d'une population d'enfants tout-venant d'âge préscolaire (Chapitre 3) et au sein d'une population d'enfants d'âge préscolaire présentant des TEC d'autre part (Chapitre 4) (Figure 12).

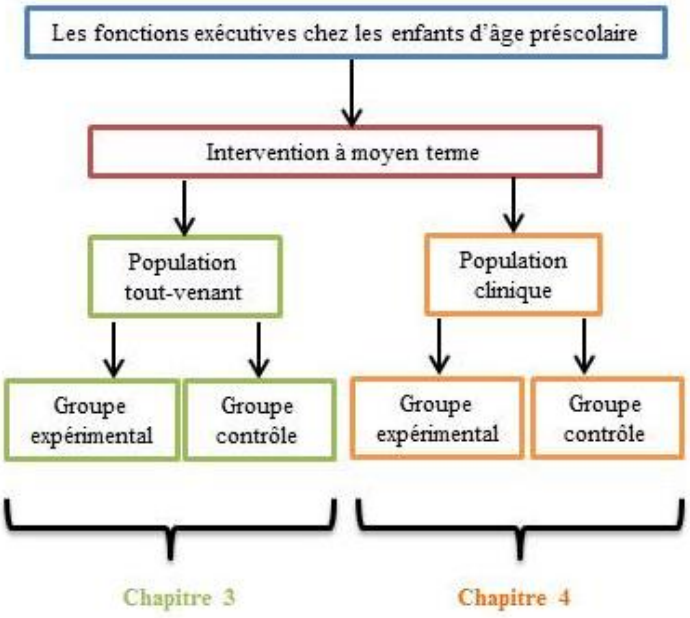


Figure 12. Design de nos recherches

Les figures 13 et 14 présentent le design expérimental de ces deux études. Dans la première étude, nous avons recruté 47 enfants tout-venant d'âge préscolaire (Figure 13). Chacun a pris part à un prétest évaluant les capacités intellectuelles en vue d'exclure un éventuel retard mental (= critère d'exclusion), les capacités exécutives (attention, inhibition, mémoire de travail et flexibilité) et le comportement (questionnaires et

paradigme observationnel). Les enfants étaient ensuite assignés aléatoirement au groupe contrôle ou expérimental. Ce dernier groupe était vu deux fois par semaine pendant 45 min dans le cadre de la prise en charge décrite ci-dessus, alors que le groupe contrôle recevait des séances de bricolage. Les deux groupes ont ensuite chacun pris part au post-test afin d'observer une éventuelle amélioration des performances.

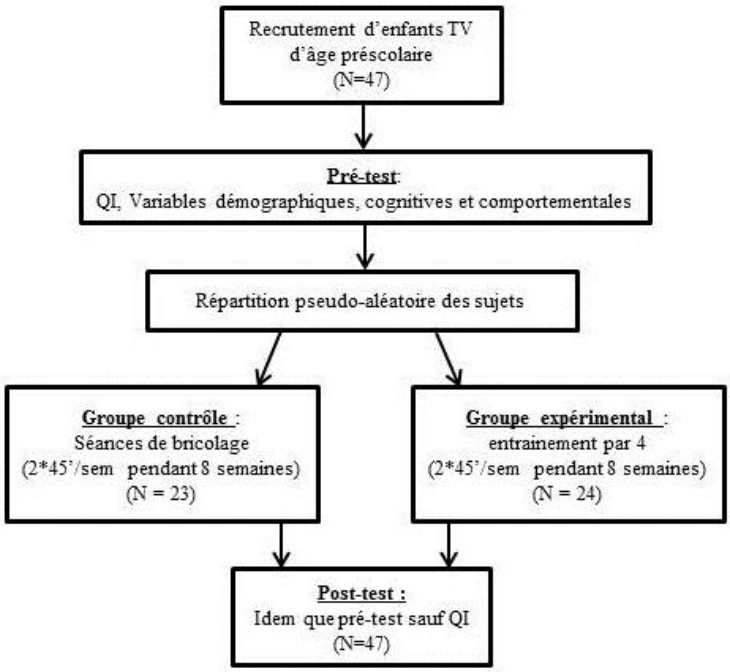


Figure 13. Design expérimental de l'intervention à moyen-terme chez les tout-venant

La deuxième étude, qui ciblait les jeunes enfants présentant des TEC, présentait le même type de design expérimental que l'étude chez les tout-venant (Figure 14). La différence réside dans le fait que l'appartenance au groupe se faisait en fonction de l'ordre d'inscription des enfants à l'étude, et que les enfants du groupe « waiting-list » ne recevaient pas de séances entre le pré et post-test, mais étaient cependant pris en charge après le post-test, pour des raisons éthiques évidentes. L'intervention que ce dernier groupe recevait après le post-test consistait en des séances ciblant les parents, et qui travaillait soit la communication parent-enfant soit le sentiment de compétence parental. Ces deux types d'intervention font également l'objet de deux thèses de doctorat et s'intègrent dans le programme H2M (Thèses de Mouton Bénédicte et Brassart Elise).

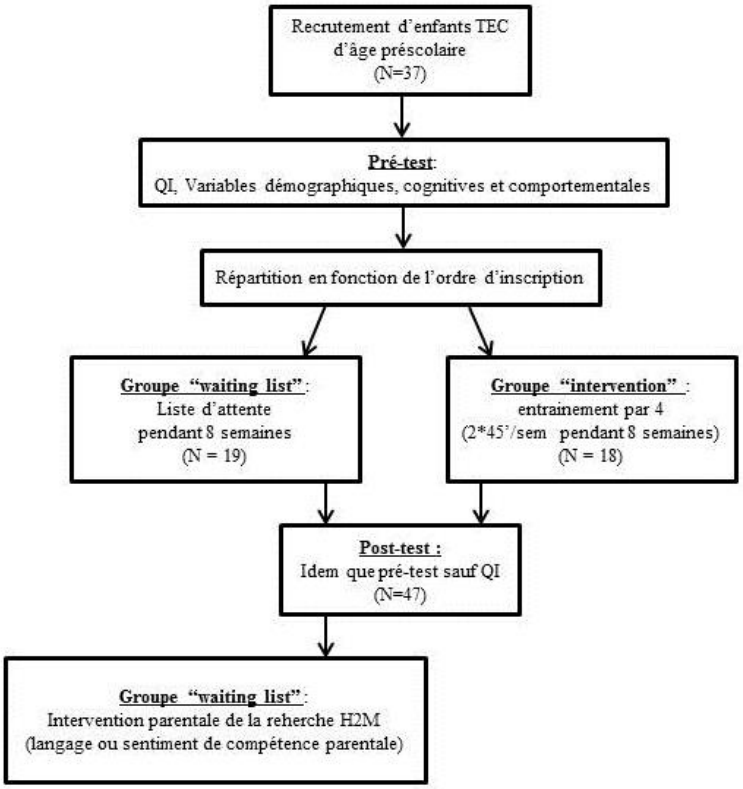


Figure 14. Design expérimental de l'intervention à moyen-terme chez les enfants présentant des TEC

Nous prendrons également le temps d'observer si l'efficacité de cette prise en charge était similaire d'une population à l'autre. Enfin, dans le Chapitre 5, le profil des jeunes enfants TEC sera examiné, tant sur le plan cognitif, comportemental mais également environnemental. Nous clôturerons ce manuscrit par une discussion générale de nos résultats.

Chapitre 3

Training Executive Function in Preschoolers Reduce Externalizing Behaviors

In this research we want to observe, in preschool children, and with an experimental design, whether a cognitive intervention aiming at enhancing inhibition capacities would have an impact not only on executive functions but also lead to behavioral changes with a decrease in external behavioral problems (EB). Forty-seven normally developed preschoolers (mean age of 60 months) took part in a pretest assessing executive function (EF) capacities (attention, motor and cognitive inhibition, flexibility and working memory) and behavior (questionnaires and an observational paradigm for externalizing behaviors). Children were then randomly allocated to either a control (n=23) or an experimental group (n=24). Both groups participated in 2 45-minute sessions per week for 8 weeks. Children from the control group took part in handicraft sessions and children from the experimental group received inhibition-training sessions. The latter consisted of a series of games/exercises aimed at increasing the different components of inhibition functions (interrupt an ongoing response, impulsivity management, inhibition of a predominant response, inhibition of external distractors) and involving the use of fictional characters aimed at improving the child's metacognition relative to those functions. At the end of the intervention, every child from each group took part in the post-test. We observed significant differences between control and experimental groups, with the latter group performing better on inhibition, attention and working memory measures. More importantly, differences were also measured on behavioral measures of inattention, and on negative reaction in an observational paradigm. We thus show that it is possible to enhance EF capacities in preschoolers and that this has an impact on EB.

Référence

Volckaert, A.M.S & Noël, M.-P. (2015). Training Executive Function In Preschoolers Reduce Externalizing Behaviors. *Trends in Neuroscience and Education*, vol 4, 37-47.

Training Executive Function in Preschoolers Reduce Externalizing Behaviors

1. Introduction

In children, executive functions (EF) are necessary to regulate behavior in social or academic situations, but also to control impulsive behaviors and to follow parents' or teachers' instructions. We all know children who have difficulty restraining themselves from touching attractive games in a shop despite their parents' prohibition, who cannot refrain from making inappropriate remarks in public places, or who have difficulty waiting their turn when playing a game. In all these situations, these children would need good inhibition capacities to overcome these difficulties. When teachers ask a class to do an exercise, children first need to pay attention to what he/she says and have good working memory to remember the different instructions. Then, when another exercise is presented, children need good flexibility capacities to switch from one set of instructions to another one. EF are thus needed in many situations. They are developed throughout childhood and become mature in adolescence, but the most significant growth occurs in the preschool period (S. M. Carlson, 2005; Dowsett & Livesey, 2000). It is thus particularly interesting to observe this period of development.

Studies on typically developing preschoolers have repeatedly shown correlations between EF and externalizing behaviors (EB). EB cover difficult behaviors such as aggression, opposition, and impulsivity, and are one of the most frequent motives for psychological consultations in young children. Floyd and Kirby (2001) showed, in 70 children aged 3 to 5 years, a correlation between inhibition capacities measured by Stroop and Go-NoGo tasks and evaluation of inattention and aggression symptoms, but not hyperactivity (Behavioral Assessment System for Children Teacher Rating Scale; Reynolds and Kamphaus (1992)) : children with good inhibitory capacities had less behavioral inattention or aggression. Livesey et al. (2006) also showed, in 36 children (5 and 6 years) that those with more EB (evaluated by the teacher Rowe Behaviour Rating Inventory; K. J. Rowe and Rowe (1992)) had worse performance in the Day / Night test but not in a Stop Signal task. More recently, Olson et al. (2011) showed that the association between low capacity of inhibitory control (measured by a composite score from a tapping task, a task like Day-Night and a Stroop task type) and a high level of EB (measured using the Child Behavior Checklist - CBCL; Achenbach and Rescorla (2000a)) were present in both Japanese (59), Chinese (59), and Americans (58) 4 years children.

Other studies have tested the link between EF and EB in clinical samples of preschoolers with EB disorders and have reached similar conclusions. Children with EB showed deficits in executive functions compared to a control group (Berlin & Bohlin, 2002; Fahie & Symons, 2003; Mariani & Barkley, 1997; Schoemaker, Bunte, Espy, Deković, &

Matthys, 2014; Speltz, DeKlyen, Calderon, Greenberg, & Fisher, 1999; Utendale & Hastings, 2011; Youngwirth et al., 2007).

In both populations, it is mainly inhibition that correlates with EB: there is generally a higher error rate in inhibition tasks in children with more EB (Berwid et al., 2005; Brophy et al., 2002; Fahie & Symons, 2003; Hughes et al., 1998; Mariani & Barkley, 1997; Raaijmakers et al., 2008; Utendale & Hastings, 2011; Youngwirth et al., 2007). Moreover, other research in typically developing samples report that measuring inhibition abilities at preschool age significantly predicts EB one year later (Hughes & Ensor, 2008), two years later (Bohlin et al., 2012) or even after three years (Berlin et al., 2003).

Recently, two meta-analyses were published on the relation between EF and EB in preschoolers. In the first one, Pauli-Pott and Becker (2011) reviewed 25 studies testing the association between EF performance and the presence of ADHD symptoms (hyperactivity, impulsivity and inattention). They found that these ADHD symptoms were weakly associated with flexibility and working memory measures but presented a moderate to high correlation with attention-vigilance measures (r=.27), interference control (r=.26, e.g., Stroop test) and inhibition (r=.29, e.g., in a Go-NoGo task). The second meta-analysis was done by Schoemaker and collaborators (2013) who reviewed studies not only on ADHD groups of preschoolers but also on those showing EB or ODD (Oppositional Defiant Disorder). They observed that EB was related to an overall EF factor (r=.22) as well as to inhibition specifically (r=.24), whereas effect size was smaller for working memory (r=.17) and flexibility (r=.13). In addition, they showed that these relations were stronger in older preschoolers (41/2 years to 6 years) relative to younger ones (3 years to 41/2 years), and especially in referred samples.

Executive capacities seem thus to play a significant role in the growing control of EB in preschoolers. However, all these studies are correlative in nature. A more direct way to test the causal relationship between EF and EB is to manipulate EF and examine the impact of this on EB. With older children, a few studies showed that working on a child's executive function could have a positive impact on his/her EB. For instance, Riggs et al. (2006) showed, in 329 school-age children (between 7 and 9 years), an improvement of inhibition capacities with the PATHS Curriculum (Promoting Alternative Thinking Strategies ; Kusché and Greenberg (1994)), and also showed that children who benefited from the program, focusing among other things on self-control and problems resolution, showed less EB one year later, in comparison with a control group. However, PATHS is a school-based prevention curriculum aimed at reducing behavior disorders by developing social-emotional competencies in children, with an emphasis on the developmental integration of cognition, affect, and behavior. Accordingly, as this program had an impact on affect and emotional language as well as on EF, it is not easy to determine if the behavioral improvement is due to an increase of inhibition capacities or to the more socio-emotional nature of the intervention.

Noël et al. (2007) used a specific inhibition capacities training program in 6 ADHD children (8-10 years) staying in hospital. These authors showed that this training

significantly increased not only inhibition capacities but also attention abilities and other EF. More importantly, children who benefited from this intervention were evaluated by the nurses as better on the hyperactivity index of the Conners Rating Scale (Goyette et al., 1978). This therefore calls for a direct causal link between EF and EB but the study was conducted on a very small sample of children.

More recently, Tamm, Epstein, Peugh, Nakonezny, and Hughes (2013) observed the impact of an attention training program on behavior in school-aged ADHD children (7-15 years). They observed fewer ADHD symptoms on SNAP-IV Inattention and Hyperactivity rating scales (Swanson et al., 1992) as evaluated by parents and improvement on the Clinical Global Impressions (CGI; Leon et al., 1993) as evaluated by clinicians, but no significant improvement in the teachers' ratings. The authors also showed an improvement in executive functioning ratings from parents and clinician (questionnaires), but they failed to find any improvement in neuropsychological measures.

To our knowledge, the only study about intervention in preschoolers focusing on the cognition side is the research of Tamm, Nakonezny, et al. (2012). They showed that a training program which used exercises/games focusing on a variety of cognitive functions (inhibition, memory, attention, hand-eye coordination, etc.) and which also taught parents how to do the work of interventionists at home, could lead to an improvement in attention and working memory. They also observed improvements in parents' and clinicians' ratings of the child's inattention. They did not observe any effect on inhibition or on behavioral measures such as hyperactivity or impulsivity, nor on the manifestations of ADHD in the classroom (SKAMP classroom). However, this study does not provide much information on the causal relationship between EF and EB. Indeed, first this intervention targeted many cognitive functions and was thus not restricted to the training of EF per se. Second, the interventionists also taught the parents elementary principles of the behavioral approach to decrease the child's inappropriate behavior, so that it is impossible to disentangle the effect of this behavioral practice from the effect of the cognitive training. Third, they did not use a control group to ensure that the observed improvements were not actually due to the spontaneous evolution of the child.

Yet several studies have developed specific training aimed at increasing EF in preschool children and have showed that it is possible to improve inhibition capacities (Diamond et al., 2007; Dowsett & Livesey, 2000; Poissant, 2007; Thorell et al., 2009), working memory capacities (Klingberg et al., 2005; Thorell et al., 2009) or EF in general (Röthlisberger et al., 2011). However, none examined the possible impact of that EF improvement on the child's EB.

In summary, the literature shows a significant association between EF and EB in preschoolers and an ability to predict EB from EF capacities measured up to three years earlier. To directly test the causality of this relationship, one can manipulate EF and examine the impact of this on EB. A few studies have shown that is possible to train EF functions in preschoolers, but none of them looked at the effect of this on children's behavior. A few studies tried to address this issue in older children and seem to suggest a

possible effect of EF training on the child's behavior, although some methodological issues have been raised.

Accordingly, the aim of our research is twofold. Firstly, we want to test, in an experimental design, if whether a cognitive intervention aimed specifically at enhancing preschoolers' inhibition capacities is effective. We chose to focus on the inhibition dimension of EF because it has been shown to be the dimension most strongly associated with EB. Secondly, we want to test whether the training also enhances executive functions beyond inhibition. Finally, and more importantly, we want to test whether this inhibition intervention also leads to behavioral changes with a decrease in EB problems, as we know the strong link between inhibition and EB (Pauli-Pott & Becker, 2011; Schoemaker et al., 2013).

2. Method and Materials

2.1 Procedure

All children took part in a pretest involving the assessment of IQ, executive functions (visual and auditory attention, motor and cognitive inhibition, flexibility and working memory) and behavior (an observational paradigm for EB and questionnaires filled out by teachers and parents). The total testing duration was approximately 60-75 min per participant, so we saw each participant twice. Each participant was tested individually at school in a quiet room. We were careful to alternate verbal and non-verbal tasks.

Children were then randomly allocated to either control or experimental groups. Both participated in 2 45-minute sessions per week for 8 weeks. While children from the control group (2 groups of 8 children and 1 group of 7 children) took part in handicraft sessions, children from the experimental group (6 groups of 4 children) had inhibition training sessions. All sessions took place in the child's school in a room separated from the child's class.

At the end of the intervention (8 weeks after pretest), every child from each group took part in the post-test (same baseline as in pretest, except for IQ). At the very end of this study, we went back to the schools to explain our results to the teachers who were involved in the research.

2.2 Participants

Forty-seven typically-developing children (14 boys, 33 girls) were recruited in preschool classes in the French part of Belgium. Parents received an information letter and a consent form in the schoolbag of their child. After we received agreement from parents and teachers, children were seen at school for testing and intervention. Children were between 50 and 69 months old (M age = 60.32 months, SD = 4.76). They were randomly distributed between experimental versus control group, taking into account four variables (sex, school, age and laterality). Parental level of education was evaluated using a seven-point scale from low (incomplete elementary school) to high (university) education. Mean

for mother's level of education was 4.98 (SD = 1.27), with 4.36 for fathers (SD = 1.56). For monthly income (including any source of net income, for both parents), we used a nine-point scale from low (0-500 euros) to high income (more than 4000 euros). Mean was 6.00 with a standard deviation of 1.82, which corresponds to an income of 2500-3000 euros a month.

2.3 Instruments

There has been a large variety of means used to test the effectiveness of interventions. Some studies have used other-reported measures without taking into account direct measures like cognitive tests (Halperin et al., 2012); conversely, others have used only objective measures (Röthlisberger et al., 2011); and few studies have assessed the transfer of acquisition to cognitive functions other than the trained one. In this study, we wanted to assess the effect of specific inhibition training on executive functions and behavior, both by direct and indirect measures.

2.3.1 Exclusion criteria

We excluded children with neurodevelopmental or psychiatric disorders. We also used an intelligence scale to exclude mental retardation.

WechslerPreschool and Primary Scale of Intelligence (WPPSI-III)

We used four subscales of WPPSI-III (Wechsler, 2004) in pretest to exclude possible mental retardation. These four subscales were "Information" and "Verbal reasoning" from the verbal scale and "Matrix" and "Block design" from the performance scale. Mean of each of WPPSI-III's subtests is 10, with a standard deviation of 3. We included in this study children having a global score between 5.5 and 14.5 (± 1.5 SD). This global score was the mean of the four subscales.

2.3.2 Attention

Cats

The *cats* task (Korkman, Kirk, & Kemp, 1998) is a cancellation task measuring selective visual attention. The child had to cancel as many cats as possible without paying attention to distractors. Maximum duration is 180 seconds. The child is asked to be as fast as possible. Our measure is the precision (number of correct responses minus errors).

Auditory Attention

In this task (Korkman et al., 1998), the child listens to an audio recording and has to put a red square in a box when and only when he/she hears the word "red". Precision score is calculated by subtracting errors from correct responses.

2.3.3 Inhibition/Flexibility

Cat-Dog-Fish

The cat-dog-fish task (Noël, unpublished-a) is a task inspired by the Day / Night test (Gerstadt et al., 1994) which assesses inhibitory control. There are two conditions: in the control condition, a card of 24 drawings (cats, dogs and fish) is presented to the child. He/she must name the images on the card as quickly as possible and without error. In the inhibition condition, we tell the child that, on Mars, "cats" are called "dogs", "dogs" are called "cats" and fishes are called fishes (in French, the word for « cat » (chat) is very close phonologically from the word « dog » (chien)). The child is invited to follow the new rule and give the "Martian" animal names for the animals on the second card as fast as possible and without error. The number of correct responses is scored.

Monster Stroop

This task (Noël, unpublished-b) assesses inhibition of external distractors and flexibility. It is composed of 3 cards in A4 format. In the first control condition (naming), 6 rows of little monsters of different colors (red, blue, green or yellow) are presented to the child. Each monster is depicted in a white square. The child has to name, as quickly as possible and without error, the color of the monsters. Two conditions are then presented to the child: an inhibition and a flexibility condition. In the inhibition condition, the monsters are presented in squares of different colors and the child has to name, as quickly as possible and without making any error, the color of the monsters. He/she must therefore inhibit distractive information (background color of the square) to focus his/her attention on the target information (monsters color). This condition therefore involves inhibitory control. Then, a third card similar to the previous one is presented to the child. The difference is that some of the monsters are drawn upside down. The child must quickly and without error name the color of the monsters that are right-side-up and name the background color when the monsters are upside-down. The number of correct responses is scored.

Traffic Lights task

The Traffic Lights task is a task of spatial incompatibility inspired by the Dots task of Davidson et al. (2006), also used by Diamond et al. (2007). We developed this task with E-Prime Software (Schneider, Eschman, & Zuccolotto, 2002). There are three conditions: two simple conditions and a mixed one. The first condition is a congruent condition: the child sees a green traffic light appearing either on the left or on the right of a cross and has to press a button as quickly as possible on the side of the green traffic light. The second condition is an incongruent condition: the traffic light is now red and the child has to press the button on the side opposite to the traffic light. In this case, the child must inhibit the predominant response (pressing on the same side as the stimulus). Finally, the third flexibility condition is a mixed condition: green and red traffic lights are mixed and the child is asked to press on the same side as the light when it is green and on the opposite side when it is red. Both the first and the second conditions include 20 trials preceded by 4 training items. The third condition includes two blocks of 20 trials each, preceded by 8

training items. The presentation order of the trials is fixed, with the constraint that there cannot be more than 3 of the same response in a row (for simple conditions) or 3 of the same condition (for mixed condition). For each trial, the sequence is as follows: A white screen appears for 500 ms, then a fixation cross appears ("+" centered on the screen, in Courier New 20 bold) and stays on the screen for 500 ms. This is followed by the appearance of a traffic light which remains on the screen until the child responds. Response keys correspond to the letters "S" and "L" on an AZERTY keyboard. Number of correct responses is scored.

Head-Toes-Knees-Shoulders

This task was originally composed of 3 parts (Ponitz, McClelland, Matthews, & Morrison, 2009); we have added a fourth at the end. In the first part, the child is asked to touch his/her head when the examiner says "touch your feet", and to touch his/her feet when the examiner says "touch your head". In the second part, shoulders and knees are added. The child must now touch his/her knees when the examiner said "touch your shoulders" and vice versa, in addition to the two instructions in Part 1. In the third part, the rules are changed : the child must now touch his/her knees when the examiner said "touch your head" and touch his/her shoulders when he says "touch your feet" (and vice versa). This third part is administered only if the child has correctly answered at least 5 of the 10 items in Part 2. We created a fourth part, which is always performed, in order to test flexibility. In this part, there are two hoops on the floor, a red one and a blue one. When the examiner is in the blue hoop, the child has to do what the examiner says (i.e., to touch his/her head when the examiner says "touch your head" and to touch his/her feet when told to do so). However, when the examiner is located in the red hoop, the child must do the opposite and touch his/her feet when told to touch his/her head (and vice versa). At the beginning of each part, there are 8 practice items to ensure that the child understands the rule. The number of correct responses for each part is calculated.

2.3.4 Working Memory

Word span

The Word Span task (Noël, 2009) was used to assess verbal short-term memory (phonological loop). In this task, the examiner presents a series of words to the child (one per second), who is asked to repeat them in the same order. The first level of difficulty includes two words, and one more word is added for each new level. Each level of difficulty has three trials and if the child fails at at least two out of the three trials, then the task is stopped. We used the corrected span as the dependent measure: this is the longest sequence for which two series were repeated correctly, plus .5 if one longer series was also correctly processed.

Block Tapping Test

The Block Tapping Test (initially developed by Corsi, 1973) is a measure of short-term memory of visuospatial information (visuospatial sketchpad) (Noël, 2009). The examiner

and the child sit face to face with a board between them, onto which are glued nine identical cubes. The child has to imitate the path of the examiner, who touches sets of cubes of increasing number. There are, as for the word span task, three trials per level. We again used the corrected span as the dependent measure.

Categospan

This complex span task was used to assess the central executive (Noël, 2009). The examiner orally presents one-syllable food or animal words which the child must then repeat by category, first naming the foods items, then the animals. Trials with items drawn on cards are performed first to ensure that the child understands the instructions, and pictures of a forest and a plate are presented to the child to help recall animal and food names, respectively. There were again three trials per level, with trial set length increasing in each level. We again used the corrected span as the dependent measure.

2.3.5 Externalizing Behaviors

Unfair Card Game

The Unfair Card Game (UCG, Roskam et al. (in press)) is inspired by an adult paradigm focusing on perspective-taking (Bukowski & Samson, in press) and is based on a cooperative computer game where the child is invited to play with a virtual child named Thomas. It has been designed to induce spontaneous positive affects, negative affects, agitation and inattention. The game is presented to the child as a game where he/she can win candy. The child sits at a table facing the computer, next to the examiner. When the game starts, instructions are given to the child by a virtual examiner (a previously video-recorded adult). Two cards are shown on the screen; on one of them there is a picture of a piece of candy. Then the cards turn over and start to move. When the cards stop moving, the child must indicate which is the card with the candy. The child is invited to play five rounds. For each correct answer, he/she gives a piece of candy to Thomas, his virtual partner. After the first five rounds, it's time for Thomas to play. It is explained that a candy will be given to the child for each of Thomas's correct response. However, the game is rigged such that the child wins his/her five rounds and therefore wins Thomas five pieces of candy (this is called the winning phase), but Thomas wins only one round, so the child receives only one piece of candy (losing phase). At the end of the game, Thomas tells the child that he played badly and that he will therefore share his candies with the child. In this way, the level of frustration of the child returns to normal. This game last 10 minutes. The advantage of this observational paradigm is that we can control the reaction of the adversary, as each child is faced with the same virtual partner (Thomas). The speech of the examiner is also strictly standardized (comments made at the end of each round, for the two phases). The UCG is video-recorded and coded following standardized guidelines. Four dimensions are coded: positive affect (smile, laughter, etc), negative affect (tears, insults, etc), agitation (movements) and inattention (distraction). For each of these dimensions, the frequency and the intensity is taken into account when coding, using a 5-point Likert scale ranging from 1 (neither frequent nor intense) to 5 (very frequent and intense). Coding was

done by trained coders. The intercoders' reliability, calculated with the weighted Kappa coefficient, reaches .766.

Conners Rating Scale

We asked parents and teachers to fill in the Conners Parent and Teacher Rating Scale (CPRS, CTRS) for each child tested (Goyette et al., 1978). These questionnaires, measuring parents' and teachers' perception of child hyperactivity, inattention, impulsivity and conduct disorders, are composed of 48 items in the parent version and 28 items in the teacher version. Adults must choose whether the statement represents a common behavior of the child (four-point Likert scale from "not at all" to "very much"). Inattention, hyperactivity, impulsivity and conduct disorder factors are calculated as the sum of the respondents' ratings of the relevant observed behaviors. T-scores are then calculated and taken into account in our analysis.

2.4 Inhibition Training

Each 45 minute session was held by an experienced neuropsychologist and a psychology trainee. Particular emphasis was placed on the proximal zone of development: it was important that the games were neither too easy, such as would risk causing boredom in the children, nor too difficult, such as would risk causing discouragement or dropping out. The intervention program included exercices/games tapping on the four components of inhibition functions: interruption of an ongoing response, impulsivity control, inhibition of a predominant response and inhibition of external distractors (see chapter 2 for a description of the exercises proposed in each training session). In addition, we progressively introduced fictional characters to the children to improve their metacognition of executive functioning. These characters were inspired by Reflecto (Gagné & Longpré, 2004), an intervention method using metacognition by introducing eight characters, each with a different job representing one of the EF. The use of the jobs metaphor allows activation, in a single image, of a set of mental representations already present in the child's repertoire. In this present study, children first "met" the policeman showing a stop signal and learnt a little song associated with him: "Stop: first I think and then I do." This character was involved in all exercises involving inhibition of a predominant response. Children were reminded to "use their policeman" in those exercises to help them not to go too fast or too impulsively. The second character was the statue who helped them to be still during exercises involving motor control. The person leading the training session also invited children to be aware of and share which body part tends to move most often or is most difficult to keep still. The child was then encouraged to pay attention to that part of the body and to learn to control this part. The pictogram of the statue was presented before any activity that required calm or when a child was stirred for a game. The last character introduced was the detective, who helped each child to check whether he/she had made any errors in the game as well as to check the performance of others. Thanks to these characters, children learned which function was most involved in which games. Although the sessions were led in groups, every child was always in action,

even if it was not his/her turn to answer, as he/she also had to check the others' responses for mistakes. Feedback was given to the children continuously during the games using the characters. For example, in a game focusing on the control of a dominant response, children received a "policeman card" each time they correctly answered. By contrast, when a child gave an answer when it was not his/her turn, or he/she did not interrupt an ongoing response, the person leading the training session notified the child verbally, and the child lost one of his/her policeman cards.

Each of the six intervention groups were composed of four children. We choose to work by group as we think that children of this age can benefit from the help of their peers in these kinds of sessions. Before starting each new game, the person leading the training session ensured that all children in the group had understood the rules. Some of the games were for the whole group, some others were by pairs (e.g. day/night exercises). Most of the time, we used material from commercialized games with the rules altered to ensure that we specifically and effectively trained inhibition. In this way, at the end of the intervention, it was easy for parents to get these games at home.

Children from the control group took part in handicraft sessions (same number of sessions and same duration as the experimental group). Three subgroups were created: two of 8 children and one of 7 children. The person leading the session provided an ample supply of crafting materials to the children. Children were told that they had lots of materials available to them on a table and that they could make anything they wanted with them and take it home. They were also told to respect the rules of the group (no degrading the equipment, no screaming, no fighting, etc).

3. Results

3.1 Data analysis

First of all, the reliability of the tests we developed for this project was measured by calculating Cronbach's alpha on data collected at the pretest. This measure was excellent for the inhibition condition of the cat-dog-fish (.92), acceptable for the Monster Stroop task in the inhibition (.60) and flexibility (.70) conditions, very good for the incongruent trials of the traffic lights (.88) and acceptable for the new condition of the Head-Toes-Knees-Shoulders (.60).

As there exists no pure measure of EF (since EF always involve something else, like naming, motor response, color detection, etc.), we calculated factors that accounted for the common variance of the different tasks tapping each specific executive function. We then tested whether the control and the experimental groups were equivalent in pretest, as subjects were randomly allocated to one of the two groups. Finally, to measure the effectiveness of the intervention, we calculated repeated measures ANOVAs with one within-subject factor, the Time (pre and post-test) and one between-subjects factor, the Group (control and experimental group). These analyses were run on each of the four EF factors and on the behavioral measures. When a significant or marginal time-by-group

interaction emerged, paired-samples *t* test for separated groups were calculated to measure the improvement of each group thanks to the training. Effect sizes were calculated using partial eta square (η_p^2). The level of significance for all tests was set at .05.

3.2 Factorial analyses

We need to notice that in all our analysis, we never mentioned reaction times variables. First because some tasks were not timed and so we could not insert them in our factor analysis, secondly because when we observed each task separately, we did not find significant results on reaction times. Maybe because our intervention was not focused on speed but more on accuracy.

We used a factorial analysis in principal components forced to one factor to aggregate tasks from the pretest measuring the same function. Table 4 shows the distribution of tasks on the four factors, as well the loadings of each task into the factor. A first factor was calculated on tasks measuring inhibition: we used the number of correct responses for the inhibition parts of Traffic Light, Cat-Dog-Fish, Monster Stroop and HTKS (for HTKS we used the sum of the three first inhibition parts). The saturation of tasks on this Factor ranged from .379 to .790, and it accounted for 44.5% of the variance. A second factor was calculated on the tasks measuring attention: we used precision for Cats and Auditory Attention (precision = number of correct response minus errors). The saturation of each task was .718, and it accounted for 51.5% of the variance. The third factor was calculated on tasks measuring working memory (correct span for Categospan, Words span and Block Tapping Test). It explained 51.2% of the variance, and the saturations ranged from .501 to .849. Finally, a last factor 4 was calculated on tasks measuring flexibility (number of correct responses for the flexibility parts of Traffic Light, Monster Stroop and HTKS), and the saturation of tasks on this factor ranged from .436 to .872. This factor accounts for 54.1 % of the variance. As often reported in the literature (Lehto et al., 2003; Miyake & Friedman, 2012; Miyake et al., 2000), we observe good correlations between the four factors (see Table 5). On the basis of those analyses, we calculated a factorial score for each factor at pretest and post-test.

Table 4. Tasks loadings for the four factors resulting from the factorial analysis on the data in pretest

Tasks	Loadings on the factor
Factorial analysis for Inhibition	
Traficlight CR[a]	.790
Cat-dog-Fish CR[a]	.772
Monster Stroop CR[a]	.646
HTKS[a]	.379
% of explained variance	**44.5**
Factorial analysis for Attention	
Cats Precision (CR – Err)	.718
Auditory Attention Precision (CR – Err)	.718
% of explained variance	**51.5**
Factorial analysis for Working Memory	
Categospan	.849
Words span	.750
Block Tapping Test	.501
% of explained variance	**51.2**
Factorial analysis for Flexibility	
Traficlight CR[b]	.872
HTKS[b]	.819
Monster Stroop CR[b]	.436
% of explained variance	**54.1**

[a] = Correct responses for the inhibition parts
[b] = Correct responses for the flexibility parts

Table 5. Intercorrelations among the four factors in pretest

Variable	1	2	3	4
1. Inhibition Factor	-	.469**	.573**	.696**
2. Attention Factor		-	.304*	.372*
3. Working Memory Factor			-	.572**
4. Flexibility Factor				-

*$p \leq .05$, **$p \leq .01$, ***$p \leq .001$

3.3 Between group comparisons in pretest

Testing of the equivalence of the two groups in pretest is reported in Table 6 and shows no significant differences between the two groups for all demographic, cognitive and behavioral measures. We only observed a significant difference in the hyperactivity index and impulsivity in the CPRS (parent scale). As we did not observe any difference concerning either the hyperactivity index in the CTRS (teacher scale) or inattention and agitation in the UCG, we consider the groups to be sufficiently equivalent in pretest.

Table 6. Mean scores and standard deviations for each group in pre and post-test session and between-group comparisons

		Pretest				Post-test				
		Control group	Experimental group	Analysis (t/ χ^2)	*d* Cohen (r)	Control group	Experimental group	Analysis (F)		Partial eta squares (η_p^2)
Variables		*M* (SD)	*M* (SD)			*M* (SD)	*M* (SD)	Group by time interaction		
Demographic datas	Sexe (% Male)	21.7%	37.5%	-1.17						
	CA (in months)	60.52 (4.42)	60.13 (5.14)	.283						
	Mean of IQ subtests	9.30 (1.60)	9.94 (1.53)	-1.388						
	Mother education (max= 7)	5.27 (1.35)	4.71 (1.16)	1.523						
	Father education (max= 7)	4 (1.38)	4.68 (1.70)	-1.419						
	Family income (max= 9)	5.95 (1.99)	6.05 (1.69)	-.167						
Cognitive measures	Inhibition Factor	61.92 (8.32)	61.44 (8.24)	.20		64.91 (8.46)	68.33 (7.16)	3.649†		.075
	Attention Factor	33.56 (5.98)	33.51 (7.73)	.026		31.94 (9.55)	40.60 (6.77)	16.844***		.272
	WM Factor	6.66 (1.03)	6.15 (1.01)	1.704		6.87 (1.09)	7.12 (.97)	10.226**		.185
	Flexibility Factor	54.24 (8.78)	55.87 (6.66)	-.721		52.38 (8.59)	56.87 (7.42)	1.287		
Behavioral measures	UCG positive affects	1.42 (.47)	1.50 (.54)	-.505		1.17 (.34)	1.38 (.50)	.913		
	UCG negative affects	1.30 (.37)	1.50 (.47)	-1.567		1.44 (.50)	1.31 (.40)	9.019**		.170
	UCG agitation	2.03 (.70)	2.24 (.62)	-1.056		1.83 (.70)	1.85 (.66)	.623		
	UCG inattention	2.12 (.60)	1.99 (.81)	.638		1.70 (.76)	1.36 (.46)	.860		
	CPRS conduct problems	43.62 (9.87)	45.42 (9.28)	-.630		45.16 (15.04)	44.96 (7.59)	.478		
	CPRS hyperactivity	43.09 (6.65)	50.42 (9.89)	-2.920**	-.87 (-.40)	44.35 (9.47)	48.22 (9.44)	2.695		
	CPRS impulsivity	43.77 (7.14)	49.42 (10.55)	-2.105*	-.63 (-.30)	44.45 (9.83)	46.87 (8.38)	1.313		
	CTRS conduct problems	48.22 (7.81)	47.71 (5.58)	.258		47.17 (6.74)	47.79 (6.67)	.533		
	CTRS inattention	46.83 (6.17)	46.33 (4.04)	.325		46.96 (7.05)	43.79 (3.36)	3.995†		.082
	CTRS hyperactivity	47.22 (13.06)	45.79 (7.88)	.455		46.35 (12.91)	45.50 (9.45)	.148		

Notes : CA=Chronological Age; IQ=Intellectual Quotient; WM=Working memory; UCG=Unfair Card Game; CPRS=Conners Parent Rating Scale; CTRS=Conners Teacher Rating Scale.
†$p \leq .10$, *$p \leq .05$, **$p \leq .01$, ***$p = .00$.

3.4 Effect of the intervention

3.4.1 Inhibition

A repeated measures ANOVA on the inhibition factor showed a significant main effect of time (F (1,45) = 23.463, $p < .001$, $\eta_p^2 = .343$), no main effect of group (F (1,45) = .480, p = .492) but a marginal time-by-group interaction (F (1,45) = 3.649, p = .062, $\eta_p^2 = .075$) (see Table 6). Paired-samples t test indicated that the experimental group significantly improved from pre- to post-test, t (23) = -5.273, $p < .001$, which was not the case for the control group, t (22) = -1.898, p = .071 (see Figure 15).

We then wondered whether some characteristics of the different children themselves could account for the differential benefit of the intervention. Firstly, we split the group according to the median age (60 months). The repeated measures ANOVA on the inhibition factor with time as the within-subject factor and age as the between-subjects factor showed an effect of time (F (1,22) = 29.650, $p < .001$, $\eta_p^2 = .574$), an effect of age group (F (1,22) = 18.702, $p < .001$, $\eta_p^2 = .459$) but no time-by-age-group interaction (F (1,22) = 2.523, p =.126). This indicated that young children benefited more from the intervention (improving mean = 8.90 ; sd = 7.92) than older ones (improving mean = 4.88 ; sd = 3.77). Secondly, we split the group in two according to the level of inhibition measured in the pretest. The repeated measures ANOVA (with age used as a covariate) showed no effect of time (F (1,21) = .164, p = .689) but a significant group effect (F (1,21) = 4.504, p = .046, $\eta_p^2 = .177$) and a significant time-by-inhibition-level interaction (F (1,21) = 5.506, p = .029, $\eta_p^2 = .208$). Indeed, children who started with a low level of inhibition benefited more from the intervention (improving mean = 10.12; sd = 7.70) than those who had a higher level of inhibition in pretest (improving mean = 4.16 ; sd = 3.41). It is however important to note that high-level children did not present ceiling effect in pre- or post-test and had thus the possibility to improve their inhibition capacities.

3.4.2 Attention

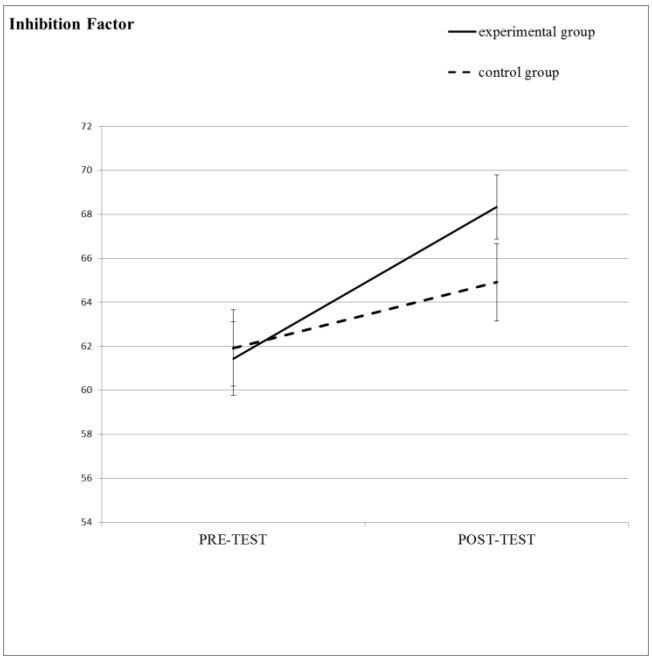
The repeated measures ANOVA calculated on the attention factor showed a significant main effect of time (F (1,45) = 6.631, p = .013, $\eta_p^2 = .128$) and of group (F (1,45) = 4.858, p = .033, $\eta_p^2 = .097$) qualified by a significant time-by-group interaction (F (1,45) = 16.844, p = <.001, $\eta_p^2 = .272$) (see Table 3). Paired-samples t test indicated that the experimental group significantly improved from pre- to post-test, t (23) = -6.267, $p < .001$, which was not the case for the control group, t (22) = .892, p = .382 (see Figure 15).

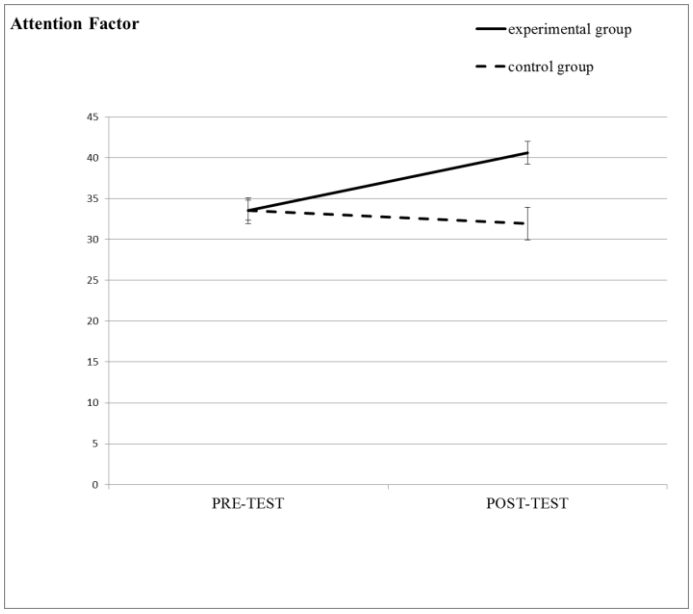
3.4.3 Working memory

The repeated measures ANOVA calculated on the working memory factor showed a significant main effect of time (F (1,45) = 24.290, p = .000, $\eta_p^2 = .351$), no main effect of group (F (1,45) = .219, p = .642) and a significant time-by-group interaction (F (1,45) = 10.226, p = .003, $\eta_p^2 = .185$) (see Table 3). Paired-samples t test indicated that the experimental group significantly improved from pre- to post-test, t (23) = -5.551, $p < .001$, which was not the case for the control group, t (22) = -1.276, p = .215 (see Figure 15).

3.4.4 Flexibility

The same analysis conducted on the flexibility factor showed no significant effect at all (time F (1,45) = .118, p = .733; group F (1,45) = 2.509, p = .120; time x group F (1,45) = 1.287, p = .263). The training thus had no impact on our flexibility measures.





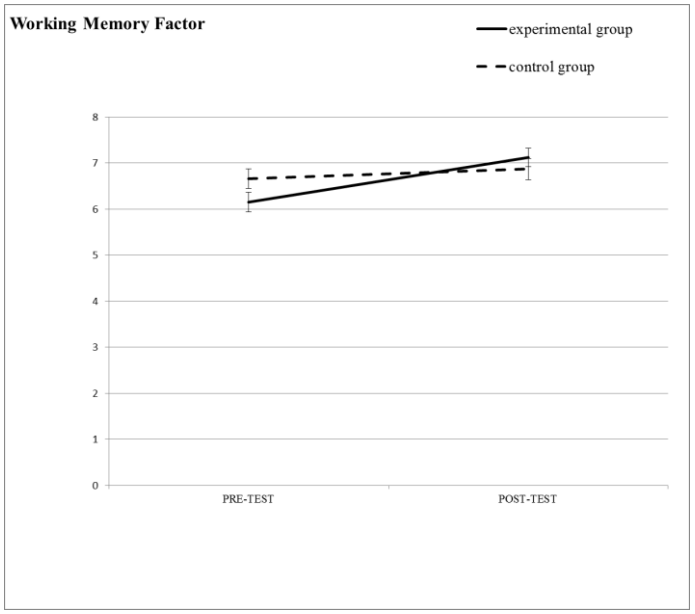
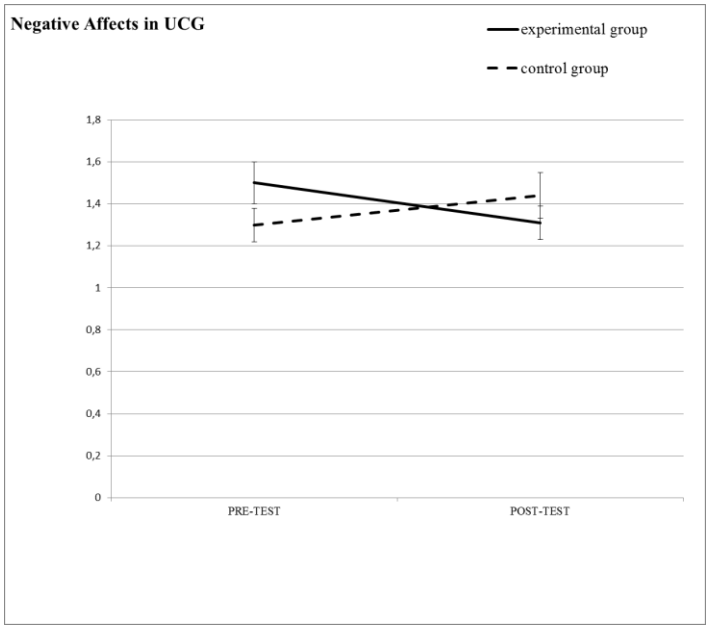


Figure 15. Profile Plots "PrePost * Group" for the Inhibition, Attention and Working Memory factors

3.4.5 Behavior

The repeated measures ANOVAs calculated on the four dimensions of UCG showed a significant main effect of time for positive affect (F (1,44) = 7.604, p = .008, η_p^2 = .147), agitation (F (1,44) = 5.807, p = .020, η_p^2 = .117) and inattention (F (1,44) = 23.495, p < .001, η_p^2 = .348) with a decrease of these affects from pre- to post-test and no main effects of group for any of these dimensions. More importantly, we found a significant time-by-group interaction for negative affects, F (1,44) = 9.019, p = .004, η_p^2 = .170 (see Table 6). Paired-samples t test indicated that the experimental group showed significantly less negative affects after the training, t (23) = 2.429, p = .023, while children from the control group tended to actually show more negative affects in the post-test than in the pretest, t (21) = -1.821, p = .083 (see Figure 16). No significant time–by-group interaction was found for positive affects, agitation or inattention.

Concerning the questionnaires (Conners Parent and Teacher Rating Scale), the repeated measures ANOVAs calculated on the *conduct problems* and *impulsivity* scales for parental evaluation did not show any effects at all (all Fs < 1). For the *hyperactivity* scale, we just observed a main effect of group, showing a decreasing of hyperactivity in the experimental group (F (1,41) = 4.830, p = .034, η_p^2 = .105) but no effect of time ($F<1$) or time-by- group interaction (F (1,41) = 2.695, p = .108). For teacher's rating, the repeated measures ANOVAs calculated on the *conduct problems* scale and the *hyperactivity* scale did not show any significant effects at all (all Fs < 1). For *inattention*, there was no significant effect of group (F (1,45) = 1.689, p = .200) but a marginal effect of time (F (1,45) = 3.253, p = .078, η_p^2 = .067) and a marginal interaction, F (1,45) = 3.995, p = .052, η_p^2 = .082 (see Table 3). Paired-samples t test indicated that the experimental group significantly improved from pre- to post-test, t (23) = 2.375, p = .026, which was not the case for the control group, t (22) = -.166, p = .870 (see Figure 16).



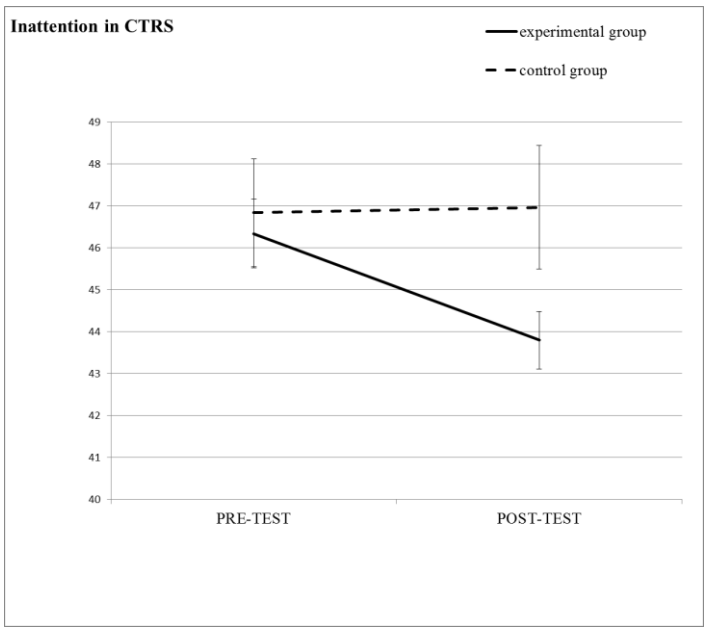


Figure 16. Profile Plots "PrePost * Group" for the UCG and CTRS

4. Discussion

In this study, we wanted to test the effectiveness of an intervention focusing on the four main components of inhibition (interruption of an ongoing response, impulsivity management, inhibition of a predominant response, inhibition of external distractors) in preschoolers and its impact on EB.

In 2007, Diamond et al. showed that a school curriculum emphasizing EF could increase EF in preschoolers. But their training program was not specific and focused on a large variety of EF, their baseline was very short (only two inhibition tasks) and their curriculum was very long (one year), which is not easy to implement in a clinical practice. Moreover, they did not measure the impact on EB. Noël et al. (2007) showed that a training program geared specifically toward inhibition could increase EF capacities and improve behavior in a school-aged sample. However, their sample was very small (6 children). In 2009, Thorell et al. showed that inhibition training in preschoolers could increase inhibition but only for trained tasks. Indeed, they showed no improvement on non-trained inhibition tasks.

In the present research, our first hypothesis was therefore that we would observe an improvement in inhibition capacities after the intervention in preschoolers. Our results showed a tendency to increase performances with respect to inhibition. Indeed, although the repeated measures ANOVA did not reach significance, paired-samples t tests showed that the experimental group significantly improved from pre- to post-test, which was not the case for the control group. Moreover, whereas Thorell et al. (2009) did not show any effect on non-trained inhibition tasks after their inhibition training, in our case we observed improvement on non-trained as well as trained inhibition tasks. The fact that the results were moderate could be due to several causes. First, in preschoolers, it might be that more than 16 sessions are necessary to lead to a large improvement. Second, our sessions were conducted in small groups of children who, despite being nearly of the same age, still presented different levels of their inhibition development. We indeed showed that those children who benefited more from the intervention were the younger ones and those who started the intervention with a lower level of inhibition. As we randomly created our groups of four children and adapted the games to the level of the group, it is possible that some children were less challenged by the games than the others. In particular, it is possible that for the older children and those with higher levels of inhibition, the games offered kept them in their comfort zone instead of challenging them in their Proximal Zone of Development. This could possibly be a limit of training in groups which are not constituted on the basis of a strict homogeneity in terms of the cognitive function that is trained.

Secondly, we also expected a possible transfer to other EF. Indeed, although different EF can be distinguished, it is well known that they cannot be totally dissociated from one another (Miyake et al., 2000). Furthermore, even if our training was specifically focused on inhibition, children had to keep new instructions in mind for the games, which involves working memory and, when the exercises became more complex, there was also some flexibility component. In preschoolers, few studies have observed the effect of cognitive

training of a specific executive function on the other functions, and the results are inconsistent. Thorell et al. (2009) showed the effect of a 5 weeks inhibition training (15 minutes each attended preschool day) on some trained inhibition tasks but not on working memory and attention. Noël et al. (2007) also pointed out an improvement of attention capacities after their inhibition training program but they didn't include working memory tasks in their baseline (and they worked with school-aged children). In the present study, our baseline included measures of attention, working memory and flexibility. We found a significantly larger improvement in performance of attention tasks and working memory tasks in the experimental group than in the control group. This thus nicely shows the benefit of a very targeted intervention on other related EF, which again argues in favor of the large commonalities among all these EF dimensions, especially in young children (see M. T. Willoughby, Wirth, and Blair (2012)). However, our intervention did not have any effect on flexibility capacities. Our results are in line with those of Tamm, Nakonezny, et al. (2012): after a more general EF training, they found improvement in attention and working memory but no effect on flexibility. It is possible that this failure to observe any effect on flexibility is due to very low flexibility capacities in this preschool period and to the fact that it is still a function at the beginning of its emergence at this point. Working with somewhat older children (5- and 6-year-olds), Röthlisberger et al. (2011) showed an improvement of flexibility capacities after their EF training. However, it should be mentioned that their training did include a significant number of flexibility exercises.

Third, we expected an impact on the behavioral side. Indeed, several studies have already shown significant correlation between EF and EB in preschool-age (Pauli-Pott & Becker, 2011; Schoemaker et al., 2013). Longitudinal studies also showed that inhibition capacities in preschool-age could predict EB even 3 years later (Berlin et al., 2003; Bohlin et al., 2012; Hughes & Ensor, 2008). However, these studies are correlative in nature. One of the main purposes of this paper was thus to go further and examine whether manipulating EF could have an impact on EB. More specifically, our study aimed at increasing children inhibition capacity, as this is the EF most strongly related to EB. Currently, very few studies have tested this hypothesis. Noël et al. (2007) showed an improvement in behavior after an inhibition training program, but they worked with a very small sample of school-aged children. In preschoolers, Halperin et al. (2012) showed a decrease of ADHD symptoms as rated by parents after EF training, but this training did not focus only on EF, as it also included parent psychoeducation sessions and physical activities for the children. Moreover, beside the training sessions, children had also 30 to 45 minutes of daily homework exercises.

In this study, we therefore wanted to explore the behavioral impact of our intervention. To that aim, the child's behavior was assessed by both parents and teachers through questionnaires but also, and for the first time in this kind of study, by an observational paradigm (UCG). Indeed, in the case of EB disorders, it seems important to use multiple sources of information, since each of them provides unique information (Roskam, Meunier, & Stiévenart, 2013). We wanted thus to take into account different types of assessments: those from purely objective cognitive tests as well as those made on the basis of

questionnaires. On the other hand, much attention was paid to the parents' and teachers' assessments, since we know that a child often behaves differently at home or at school.

Results showed that our intervention led to an improvement in both direct and indirect measures. As regards the questionnaires, teachers reported a decrease of inattention symptoms in children after inhibition training but no change in the children from control group. Thus, although teachers were blind to the group to which the children belonged, they perceived changes in attention consistent with our hypothesis. On the other hand, parents did not report any significant changes in their child. It is possible that, as their formal involvement was limited to merely granting consent while the rest of the intervention took place at school, the parents were not really engaged with the intervention and not very attentive to possible changes in their child. Moreover, it should be noted that the level of difficulties reported by parents in pretest was already relatively low, which did not leave much possibility of improvement.

Importantly, our intervention also had effects that we could measure in our observational paradigm. Indeed, in the UCG that led to frustration, children from the experimental group showed a decrease in their negative affects (sighing, insults, etc), after the training, while this was not the case for children from the control group. It is also interesting to note that the intervention did not lead to any changes with respect to positive affect, which indeed should not be influenced by the level of inhibition of a child. Finally, we failed to find any effect on attention or agitation. However, as the child is seated at a computer, the situation is not really suitable for provoking agitation, and few attentional problems are observed, either.

In summary, to our knowledge, this is the first study which shows a significant decrease of EB in both direct and indirect measures in typically-developing preschoolers following a neuropsychological intervention, in addition of the effects on EF (which were already shown by Rothlisberger et al. (2011) in typically-developing preschoolers and Tamm et al. (2014) in young ADHD children).

We need also to point out the clinical interest of this research. Indeed, the ludic aspect of this intervention has the advantage of being highly motivating for children. In our sessions, it was very rare to observe children refusing to participate. The fact that the training was conducted in groups also has advantages: for example, that the children motivated each other, with the shier children being encouraged by the more active ones. Another innovative aspect of this research is the use of metacognition in our training. Recently, Espinet, Anderson, and Zelazo (2013) showed the benefit of reflection on EF capacities. In our study, metacognition has allowed the children to reflect on their own processes and understand which cognitive functions are involved in each proposed exercise. Moreover, it seems that it has promoted transfer, as after the training some children were, for example, talking about the "statue" when they had to stay calm in classroom.

Although this research has shown promising results, a number of limitations need to be considered. First, a larger number of participants would have given us more statistical power, which would have allowed us to observe significant results where we observe

marginal effects and interactions. Second, literature shows that boys have more externalizing behaviors than girls (Berlin & Bohlin, 2002; Thorell & Wåhlstedt, 2006; Utendale et al., 2011). However, in this study, girls outnumbered boys by a more than 2:1 ratio. Further research should look at whether the same effects are observed in a more male population. Third, although the interventions were fully planned with the list of specific exercices / games fixed for each training sessions, the difficulty level of the game was adapted to the children by the clinician in a quite subjective way as we did not have clear objective criteria such as x % of accuracy in a game to go from level of difficulty to another. Fourth, although our control group was not passive (they had handicraft sessions), it would have been better to have had an active control group that also took part in a cognitive training program but without any real challenges (e.g., playing at easy games below the participant's capacities). Finally, the aim of this research was to show the causal links between EF and EB, and that's why we focused exclusively on inhibition. As we were in a very controlled experimental setting, we worked exclusively with the child. However, in a real clinical setting, it might be interesting to also involve parents and even teachers in the intervention to have a bigger impact.

In this study, we showed that it is possible to act on EB even in preschool-aged children. Future studies should apply a similar design to different types of clinical populations, such as preschoolers who are referred by professionals for externalizing behavior disorder. Indeed, given our promising results, an early intervention in preschoolers with EB disorders could possibly decrease the likelihood of developing ADHD or other disorders a few years later. Finally, as we noted above, it could also be interesting in the future to include a parental training program in addition to the child intervention. As in Tamm et al.'s research (2014), sensitizing and teaching the parents to train their child's EF in the context of everyday activities could increase the likelihood of making a greater impact with the intervention. If the parents understood cognitive functioning and could train it at home, that could also help to maintain the effect of the intervention in everyday life.

Chapitre 4

Externalizing Behavior Problems in Preschoolers: Impact of an inhibition training

Externalizing behavior (EB) problems are a major cause of consultation in preschoolers but interventions are scarce at this age. Recently, Volckaert and Noël (2015) showed an improvement of EF in typically developing (TD) preschoolers after an inhibition training involving metacognition, and also a positive impact on EB. We wanted to replicate this study in a clinical population.

34 preschoolers with high level of EB took part in the study. Their EF capacities and behavior were assessed before and after a 8-week period during which half of the children were put on a waiting-list while the others received the intervention.

Results showed EB improvement, both on parental ratings and in an observational paradigm, and children who started the intervention with a lower level of inhibition benefitted the most from the intervention. Although increase in EF was mainly observed in TD children (Volckaert & Noël, 2015), larger behavioral improvements were observed in the EB population.

Référence

Volckaert, A. M. S. & Noël, M-P. (submitted). Externalizing Behavior Problems in Preschoolers: Impact of an inhibition training.

Externalizing Behavior Problems in Preschoolers: Impact of an inhibition training

1. Introduction

"My child is so difficult", "we are exhausted", "we do not know what to do anymore" are all phrases that clinicians hear (Smeekens et al., 2007) when parents consult them about the externalizing behavior problems of their child. Externalizing behavior problems (EB) include behaviors as such as physical aggression (e.g., hitting, biting, shoving others), verbal aggression (e.g., teasing, threats) or disruptive behavior (e.g., tantrums, disobedience, agitation, inattention, failure to comply with limits). These behaviors are characterized as "externalized", referring to the fact that they are concrete behaviors directed towards others, as opposed to "internalizing behavior problems" referring to negative emotions directed towards oneself, like anxiety, depression, etc (Achenbach & Edelbrock, 1986). Diagnoses of behavior disorders such as ADHD are generally not made before the age of 6, according to DSM-V (Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders;(Association, 2003)). However, it is clear that children who are diagnosed after this age often in fact already had difficulties before this. EB may be present in 25 to 40% of preschool children, including 7 to 15% with moderate to severe presentation (Palfrey et al., 1985; Richman et al., 1982), but it is not easy to determine in preschoolers whether these behaviors should be considered as pathological or as a part of normal child development. Indeed, a certain level of EB can be considered typical in young children (Wakschlag et al., 2007), as EB problems lie on a continuum from normal to pathological. Although, in some cases, symptoms of EB improve, or even disappear (Campbell, 1994), the opposite is also observed and is more problematic. Indeed, EB can persist over time into adolescence for some (Campbell, 2002; Moffit, 1993; Owens & Shaw, 2003), but also into adulthood (Reef et al., 2011). This persistence of EB can therefore lead to difficulties in terms of social inclusion (Spira & Fischel, 2005) as well as in terms of academic performance (Hinshaw, 1992; Masten et al., 2005). It is thus important to diagnose and to offer therapeutic programs for these EB problems in very young children.

Researchers have highlighted various risk factors that play a role in the emergence of EB at preschool age. These include environmental, family and child risk factors. For example, factors such as poverty, social isolation and structural characteristics of the family have been examined (Deater-Deckard et al., 1998). At the family level, an insecure or disorganized attachment and negative control in parenting (hard and inconsistent punishment, high coercion, etc) have been considered as contributors to EB (Roskam, Meunier, Stievenart, et al., 2013). Authors have also shown that household chaos seems to be associated with negative outcomes in preschoolers such as hard-to-manage temperament, aggression, conduct problems or even hyperactivity (Corapci & Wachs, 2002; Farbiash,

Berger, Atzaba-Poria, & Auerbach, 2014). At the child level, risk factors such as as peer rejection, gender (being a boy), temperament (e.g. low self-control), medical problems during childhood or even cognitive abilities also seem to be related to EB (Deater-Deckard et al., 1998; Guedeney & Dugravier, 2006; Roskam, Meunier, Stievenart, et al., 2013). Moreover, we need to point out the cumulative effect of risk factors: the greater the number of risk factors, the greater the likelihood of developing EB (Deater-Deckard et al., 1998; Roskam, Meunier, Stievenart, et al., 2013).

Concerning the role of cognitive abilities, there is a growing literature over the last two decades which shows a significant association between poor executive functions (EF) and EB in both typically developing (TD) and EB preschooler populations. Moreover, researchers highlight, in TD children, that a measurement of EF at preschool age could predict EB one year later (Hughes & Ensor, 2008), two years later (Bohlin et al., 2012) or even up to three years later (Berlin et al., 2003). It seems, however, that inhibition capacities are the EF most strongly associated with EB, with a generally higher error rate in inhibition tasks in EB populations than in community samples (Berwid et al., 2005; Brophy et al., 2002; Fahie & Symons, 2003; Hughes et al., 1998; Mariani & Barkley, 1997; Raaijmakers et al., 2008; Sonuga-Barke et al., 2002; Youngwirth et al., 2007).

Recently, two meta-analyses were conducted on the association between EB and EF in preschoolers. In the first, Pauli-Pott and Becker (2011) observed a high correlation between ADHD symptoms and attention-vigilance measures (r=.27), interference control (r=.26, e.g., Stroop test) and inhibition (r=.29, e.g., in a Go-NoGo task). However, they found only a weak correlation with flexibility and working memory measures. The second meta-analysis was conducted by Schoemaker, Mulder, Dekovic and Matthys (Schoemaker et al., 2013) with EB preschoolers as well as with children presenting oppositional defiant disorder. Their results point in the same direction as those of the first authors: EB is related to an overall EF factor (r=.22) and more specifically to inhibition (r=.24). Effect sizes are indeed smaller for working memory (r=.17) and flexibility (r=.13). Unlike Pauli-Pott and Becker (2011), Schoemaker et al. (Schoemaker et al., 2013) did not explore the link with attention capacities.

A few studies have tried to manipulate the EF capacities of children by implementing training programs. These showed that it is possible to enhance overall EF in preschoolers (Röthlisberger et al., 2011) and more specifically to improve inhibition (Diamond et al., 2007; Dowsett & Livesey, 2000; Thorell et al., 2009) and working memory (Klingberg et al., 2005; Thorell et al., 2009). Yet, to our knowledge, only two studies have measured the impact of an EF training program on EB problems in pre-schoolers. First, Tamm, Nakonezny and Hughes (2012) developed a 8-week training program focusing on several cognitive functions (attention, memory, inhibition, hand-eye coordination, etc) and metacognition. Twenty-four preschoolers presenting ADHD symptoms and their parents attended 8 60-minute sessions during which the children performed exercises/games focusing on these cognitive functions and the parents were taught how to be behavioral interventionists at home. Analyses of the cognitive outcomes indicated an improvement on attention and working memory, but not on inhibition. Concerning behavioral measures,

both parents and clinician rated children as being more attentive, but no improvements were measured on symptoms of hyperactivity or impulsivity, nor on ADHD behaviors in the classroom. This study was the first one to measure the impact of an EF training program on EB in preschoolers. However, several caveats prevent us from drawing any clear conclusion about the causal link between EB and EF based on these data. First of all, the training program concerns several cognitive functions and is not restricted to EF. Second, concurrent to this cognitive training of children, parents were also given guidelines how to implement the exercises at home and principles of behavior modification techniques, so that we cannot determine which of the interventions had the biggest impact. Finally, there was no control group in this study to ensure that the observed improvements could not be imputed to the spontaneous cognitive growth of the child or to the simple fact of the parents and the child receiving attention and support from the therapists.

More recently, Volckaert and Noël (2015) showed, in 47 typically developing (TD) preschoolers, that a cognitive intervention aiming at enhancing inhibition capacities had an impact not only on executive functions but also on behavior, with a decrease in EB problems. The intervention consisted of 45-minute sessions, twice a week, for 8 weeks. The interventionists focused on exercises/games which targeted inhibition exclusively but also used metacognition. A control group received a series of handicraft sessions (same number of sessions and same duration of the experimental group). Only children participated; parents were not involved in the sessions and did not know which condition their child was in. The authors observed significant differences between the control and the experimental groups, with better performances for the experimental group on inhibition, attention and working memory measures. More importantly, differences were also observed on behavioral measures of inattention and on negative reactions in an observational paradigm. Volckaert and Noël (2015) thus highlighted that it is possible to improve EF capacities during the preschool period and that this has an impact on EB. However, they worked with TD children. To our knowledge, no study had yet tested this kind of intervention in EB preschoolers.

In this present study, we wanted to know whether the intervention developed by Volckaert and Noël (2015) would lead to the same beneficial effects for children who present EB problems. To that end, we implemented the same inhibition training on a group of children with EB problems and compared their development to that of another group of children with EB problems who were on a waiting list. Two opposite predictions were considered. On the one hand, we might predict that children with EB would largely benefit from the intervention, leading to both an enhancement of their EF functions and a decrease of their EB problems. Indeed, children with EB problems are characterized by poor EF and Volckaert and Noël (2015) observed that children with a low inhibition level in pretest were the ones who benefited the most from the intervention. On the other hand, preschoolers with EB have multiple risk factors (Deater-Deckard et al., 1998; Roskam, Meunier, Stievenart, et al., 2013), and it is possible that focusing on a single factor is insufficient to induce any significant improvement. To answer this question, we will compare the change in both EF capacities and EB problems of the EB children in the training condition to those

from the waiting list. We will discuss our results, compared to those of Volckaert and Noël (2015).

2. Method and Materials

2.1 Participants

Thirty-four children (22 boys, 12 girls) with EB problems were recruited in the French part of Belgium. We broadcast the announcement of our research among pediatricians, schools and the media. Interested parents registered online and were asked to complete the Child Behavior Checklist (CBCL; Achenbach & Rescorla, 2000a). As 21 is the cut-off score on this scale above which a child is considered to actually present EB, only children with a score of 21 or above were selected for the study. Children were between 3:3 and 6:2 years old (M age = 4:6 years, SD = 10 months). Parental level of education was evaluated using a seven-point scale from low (incomplete elementary school) to high (university) education. Mean level of education was 5.42 (SD = 1.46) for the mothers and 5.03 (SD = 1.52) for the fathers, which corresponds to short higher education. Monthly income (including any source of net income, for both parents), was rated using a nine-point scale from low (0-500 euros) to high income (more than 4000 euros). Mean was 7.27 (SD= 2.04), which corresponds to an income of 3000-3500 euros a month.

2.2 Procedure

Among the 34 children, 17 were allocated to the control group, which was a waiting-list, and the other 17 children, matched on gender and age to the control group's children, were allocated to the experimental condition. All children took part in a pre-test involving a short assessment of IQ, executive functions and behavior. The total testing duration was approximately 60-75 min per child, so we saw each child twice, for an individual testing. We were careful to alternate between verbal and non-verbal tasks. Children from the waiting-list group stayed at home for 8 weeks while children from the intervention group were invited to participate in 2 weekly training sessions of 45 minutes for 8 weeks. At the end of this 8 week period of waiting or receiving intervention, every child took part in the post-test (same baseline as in pretest, except for IQ). All sessions (testing and intervention) took place in offices of the university. Finally, in order to examine whether the possible positive impact on behavior was stable, we asked parents to complete the behavioral questionnaire again 4 months after the end of the intervention.

2.3 Instruments

2.3.1 Instruments for the inclusion criteria

Child Behavior Checklist

We asked parents to fill in the *Child Behavior Checklist* (CBCL; Achenbach & Rescorla, 2000a) in order to be sure the children actually presented EB. This questionnaire

is constituted by a list of statements about the child's everyday life behaviour to rate on a Likert scale ranging from "not applicable" (0) to "applies more or less or sometimes" (1) to "always applicable" (2). The EB scale is the sum of the "Aggressive Behavior" subscale which is constituted by 19 items and the "Attention Problems" subscale which is constituted by 5 items. The "anxiety/depression" scale (8 items) was also taken into account as a measure of internalized problems. CBCL scales have a Cronbach's alpha between .63 and .86 and test-retest reliability is .85 (Achenbach & Rescorla, 2000a). The parents filled in this questionnaire again in post-test.

WechslerPreschool and Primary Scale of Intelligence

We used two subscales of the *Wechsler Preschool and Primary Scale of Intelligence* (WPPSI-III; Wechsler, 2004) in pretest to exclude possible mental retardation. These two subscales were "Information" from the verbal scale and "Block design" from the performance scale. Standard scores for these subtests have a mean of 10±3. A global score was calculated as the mean of the two standard scores. To take part in the study, children had to be in the normal range (± 1.5 SD), i.e., to have a global score lying between 5.5 and 14.5.

2.3.2 Behavioral measures

EB was measured with questionnaires filled in by parents and teachers as well as with an observational paradigm.

Conners Rating Scale

We asked parents and teachers to fill in the *Conners Parent and Teacher Rating Scale* (CPRS, CTRS; Goyette et al., 1978) for each child tested. These questionnaires, measuring parents' and teachers' perception of child hyperactivity, inattention, impulsivity and conduct disorders, are composed of 48 items in the parent version and 28 items in the teacher version. Adults must choose whether the statement represents a common behavior of the child (four-point Likert scale from "not at all" to "very much"). Inattention, hyperactivity/impulsivity and conduct disorder factors were used in this study and were calculated as the sum of the respondents' ratings of the relevant observed behaviors. T-scores (mean of 50, SD of 10) are then calculated and taken into account in our analysis. The factorial structure of the parent version was validated recently by Catale, Geurten, Lejeune and Meulemans (Catale et al., 2014). Good psychometric qualities were confirmed, as Cronbach alpha was between .76 and .80 for the three main scales (conduct problems, learning difficulties and impulsivity/hyperactivity).

Unfair Card Game

The *Unfair Card Game* (Roskam et al., in press) is inspired by an adult paradigm focusing on perspective-taking (Bukowski & Samson, in press) and is based on a cooperative computer game where the child is invited to play with a virtual child named Thomas. It has been designed to induce spontaneous positive affects in the first part and

frustration in the second part. The game is presented to the child as a game where he/she can win candy. The child sits at a table facing the computer, next to the examiner. When the game starts, instructions are given to the child by a virtual examiner (a previously video-recorded adult). Two cards are shown on the screen; on one of them there is a picture of a piece of candy. Then the cards turn over and start to move. When the cards stop moving, the child must indicate which is the card with the candy. The child is invited to play five rounds. For each correct answer, he/she gives a piece of candy to Thomas, his virtual partner. After the first five rounds, it's time for Thomas to play. It is explained that a piece of candy will be given to the child for each of Thomas's correct responses. However, the game is rigged such that the child wins his/her five rounds and therefore Thomas wins five pieces of candy (this is called the winning phase), but Thomas wins only one round, so the child receives only one piece of candy (losing phase). At the end of the game, Thomas tells the child that he played badly and that he will therefore share his candies with the child. In this way, the level of frustration of the child returns to normal. This game lasts for 10 minutes. The advantage of this observational paradigm is that we can control the reaction of the adversary, as each child is faced with the same virtual partner (Thomas). The speech of the examiner is also strictly standardized (comments made at the end of each round, for the two phases). The UCG is video-recorded and coded following standardized guidelines. Four dimensions are coded: positive affect (smile, laughter, etc) negative affect (tears, insults, etc), agitation (movements) and inattention (distraction). For each of these dimensions, the frequency and the intensity is taken into account when coding, using a 5-point Likert scale ranging from 1 (neither frequent nor intense) to 5 (very frequent and intense). Coding was done by trained coders. The intercoders' reliability, calculated with the weighted Kappa coefficient, reaches .766.

2.3.3 Cognitive measures

Verbal and motor inhibition, flexibility, memory and visual and auditory attention were assessed.

Verbal Inhibition

Cat-Dog-Fish

The *cat-dog-fish* task (Noël, unpublished-a) is a task inspired by the Day / Night test (Gerstadt et al., 1994) which assesses inhibitory control. There are two conditions: in the *control condition*, a card of 24 drawings (cats, dogs and fish) is presented to the child. He/she must name the pictures on the card as quickly as possible and without error. In the *inhibition condition*, we tell the child that, on Mars, "cats" are called "dogs", "dogs" are called "cats" and fishes are called fishes (in French, the word for "cat" (*chat*) is very close phonologically to the word "dog" (*chien*)). The child is invited to follow the new rule and give the "Martian" animal names for the animals on the second card as fast as possible and without error. The reliability of this test measured by Cronbach's alpha is excellent for the inhibition condition (.92) (Volckaert & Noël, 2015). The number of correct responses is scored.

Vegetable Stroop

This task also assesses verbal inhibition (Bouillet et al., 2012). It is composed of 3 cards in A4 format. In the first *control condition* (naming), 5 rows of 9 colored squares (red, green or orange) are presented to the child. The child has to name, as quickly as possible and without making any error, the color of the squares. In the second condition, 5 rows of 9 vegetables are presented in prototypic colors (tomato, salad, carrot) and the child has to denominate, as quickly as possible and without making any error, the color of the vegetable. In the third condition, the vegetables are no longer in prototypic colors. Tomatoes are drawn in blue, salad in yellow and carrots in brown. The child must not name the color in which the vegetables are shown but the color of the vegetable "in real life". In the last condition, the vegetables are still not drawn in prototypic colors, but this time the color of the drawing interferes with the color of other vegetables. Again, the child has to name the color of the vegetables "in real life" and inhibit the color of the drawing. Each part was preceded by 8 practice items. Reaction time and errors for each part are taken into account.

Motor inhibition and flexibility

Knock and Tap

The *Knock and Tap* task from the NEPSY battery (Korkman et al., 1998) is used to assess motor inhibition. There are two parts : in the first part, child is asked to knock on the table when the examiner taps, and vice versa; in the second part, when the examiner taps with the side of the fist, the child must knock with the knuckles (and vice versa), but when the examiner taps with the palm the child must do nothing. The total score for the two parts is the number of correct responses (30 maximum).

Head-Toes-Knees-Shoulders

This task was developed by Ponitz, McClelland, Matthews and Morrison (Ponitz et al., 2009). It was originally composed of three parts, but we added a fourth one. In the first part, the child is asked to touch his/her head when the examiner says "touch your feet", and to touch his/her feet when the examiner says "touch your head". In the second part, shoulders and knees are added. The child must now touch his/her knees when the examiner says "touch your shoulders" and vice versa, in addition to the two instructions in Part 1. In the third part, the rules are changed : the child must now touch his/her knees when the examiner says "touch your head" and touch his/her shoulders when he says "touch your feet" (and vice versa). This third part is administered only if the child has correctly answered at least 5 of the 10 items in Part 2. We created a fourth part, which is always performed, in order to test flexibility. In this part, there are two hoops on the floor, a red one and a blue one. When the examiner is in the blue hoop, the child has to do what the examiner says (i.e., to touch his/her head when the examiner says "touch your head" and to touch his/her feet when told to do so). However, when the examiner is located in the red hoop, the child must do the opposite and touch his/her feet when told to touch his/her head (and vice versa). At the beginning of each part, there are 8 practice items to ensure that the

child understands the rule. The number of correct responses for each part is calculated. For inhibition, we used the number of correct responses for the first three parts. For flexibility, we used the number of correct responses for part 4.

Visual Attention

The *cats* task from the NEPSY battery (Korkman et al., 1998) is a cancellation task measuring selective visual attention. The child had to cancel as many cats as possible without paying attention to distractors. Maximum duration is 180 seconds. The child is asked to be as fast as possible. The internal consistency is good (.71) and the test-retest stability correlation is .62. Our measure is the precision (number of correct responses minus errors).

Auditory Attention

In this task from the NEPSY battery (Korkman et al., 1998), the child listens to an audio recording and has to put a red square in a box when and only when he/she hears the word "red". The internal consistency is good (.81) and the test-retest stability correlation is .81. Precision score used in this study is calculated by subtracting errors from correct responses.

Working Memory

Word span

The *Word Span* task (Noël, 2009) was used to assess verbal short-term memory (phonological loop). In this task, the examiner presents a series of words to the child (one per second), who is asked to repeat them in the same order. The first level of difficulty includes two words, and one more word is added for each new level. Each level of difficulty has three trials, and if the child fails at at least two out of the three trials, then the task is stopped. We used the corrected span as the dependent measure: this is the longest sequence for which two series were repeated correctly, plus .5 if one longer series was also correctly processed.

Block Tapping Test

The *Block Tapping* Test (Noël, 2009), initially developed by Corsi (1973), is a measure of short-term memory of visuospatial information (visuospatial sketchpad). The examiner and the child sit face to face with a board between them, onto which are glued nine identical cubes. The child has to imitate the path of the examiner, who touches sets of cubes of increasing number. There are, as for the word span task, three trials per level. We again used the corrected span as the dependent measure.

Categospan

This complex span task (Noël, 2009) was used to assess the central executive. The examiner orally presents one-syllable food or animal words which the child must then repeat by category, first naming the food items, then the animals. Trials with items drawn

on cards are performed first to ensure that the child understands the instructions, and pictures of a forest and a plate are presented to the child to help recall animal and food names, respectively. There were three trials per level, with trial set length increasing in each level. We used the corrected span as the dependent measure.

Executive function questionnaire

Childhood Executive Functioning Inventory

We asked parents and teachers to fill out the French version of the *Childhood Executive Functioning Inventory* (CHEXI; Catale, Lejeune, Merbah, & Meulemans, 2013), which evaluates the executive functioning of the child. It is composed of 24 items focusing on two factors, inhibition and working memory, and scored on 1-to-5-point Likert-type scales. A mean score is calculated for each factor. This French version presents a good internal consistency (Cronbach's alpha was .85 for the inhibition subscale and .89 for the working memory subscale) and high test-retest reliability for the two subscales was also established (.87 for the inhibition subscale and .75 for the working memory subscale).

2.4 Inhibition Training

In this study, we used the training program of Volckaert and Noël (2015). Intervention was held in small groups of three or four children. Each session was led by an experienced neuropsychologist (the first author of this paper). The training consisted in exercises/games tapping on the four components of inhibition functions: interruption of an ongoing response, impulsivity control, inhibition of a predominant response and inhibition of external distractors. Particular emphasis was placed on the proximal zone of development: games were not too easy to avoid boredom in the children, nor too difficult, to avoid discouragement or dropping out. Before starting each new game, the interventionist ensured that all children in the group had understood the rules. Some of the games were for the whole group, some others were for pairs (e.g. day/night exercises). The complete description of the training sessions can be found in Volckaert and Noël (2015).

One particularity of this intervention is the use of fictional characters in order to improve the metacognition of executive functions in children. These characters were inspired by *Reflecto* (Gagné & Longpré, 2004), an intervention method using metacognition by introducing eight characters, each one with a different job representing one of the EF. The use of the jobs metaphor allows activation, in a single image, of a set of mental representations already present in the child's repertoire. In our intervention, we used three characters (as in Volckaert and Noël (2015)): the policeman, the statue and the detective. The *policeman* blows in his whistle and waves "stop" with his hand. This character is used whenever the exercise involved inhibition of a predominant response. Children also learn a little song associated with this character: "Stop: first I think and then I do." It helped children not to go too fast or too impulsively. Second, the *statue* was used in exercises requiring motor control and calm, forcing children to pay attention to the body parts which have most tendencies to move and to learn to control these parts. Finally, the

detective helped children to check whether they had made any errors in the game or to check the performance of others. Thanks to these characters, children learned which function was most involved in which games. Although the sessions were led in groups, every child was always in action, even if it was not his/her turn to answer, as he/she also had to check the others' responses for mistakes. Feedback was given to the children continuously during the games using these characters. For example, in a game focusing on the control of a dominant response, children received a "policeman card" each time they answered correctly. By contrast, if a child gave an answer when it was not his/her turn, or he/she did not interrupt an ongoing response, the person leading the training session notified the child verbally, and the child lost one of his/her policeman cards. Sessions were held in small groups, as children can benefit from the help of their peers in these kinds of training sessions. The intervention comprised 16 sessions of 45 minutes: twice a week for 8 weeks. Children from the waiting list were just seen for the pretest and for the posttest 8 weeks later.

3. Results

3.1 Data analysis

Only 14 teachers filled in the questionnaires in both pre- and post-test. Indeed, some have not agreed to participate in the study, some were not aware of the participation of their pupil in the study, by parental choice, and others only filled in the questionnaires in pre-test. This very small return rate (14 out of 34) prevented any valuable analyses from being done.

Since there exists no pure measure of EF (as it always involves something else like naming, motor response, color detection, etc), we calculated factors that accounted for the common variance of the different tasks touching on each specific executive function. We tested whether the intervention and the waiting-list groups were equivalent in the pretest. Then, we calculated repeated measures ANOVAs with Time (pre and post-test) as the within-subject factor and Group (intervention and waiting-list) as the between-subjects factor, on each of these factors as the dependent measure, as well as on the behavioral measures. When a significant time-by-group interaction emerged, paired-samples t-tests were calculated separately on each group to measure the improvement from pre- to post-test. Effect sizes were calculated using partial eta square (η_p^2). The level of significance for all tests was set at 0.05.

3.2 Factorial analyses[1]

We used factorial analyses in principal components forced to one factor to aggregate tasks from the pretest measuring the same function. A factor was calculated on tasks

[1] We did not consider response time because (1) some tasks were not timed and (2) analyses on response time did not lead to any significant results. It should be mentioned that our intervention was not focused on speed but more on accuracy.

measuring inhibition (number of correct responses for *Knock and Tap*, and for the inhibition parts of *Cat-Dog-Fish*, *Vegetable Stroop* (last two inhibition parts) and *HTKS* (sum of the first three inhibition parts)). The saturation of tasks on this Factor ranged from .670 to .855, and it accounted for 58.95% of the variance. A second factor was calculated on the tasks measuring attention (precision[2] for *Cats* and *Auditory Attention*). The saturation of each task was .861, and it accounted for 74.18% of the variance. The third factor was calculated on tasks measuring working memory (span for *Categospan*, *Word span* and *Block Tapping Test*). It explained 73.43% of the variance, and the saturations ranged from .790 to .902. Table 7 shows the loadings of each task into factor. As often reported in the literature (Lehto et al., 2003; Miyake & Friedman, 2012; Miyake et al., 2000), we observe good correlations between the factors (see Table 8). On the basis of the loading found in those analyses, we calculated a factorial score for each factor at pretest and post-test.

Table 7. Tasks loadings for the factors resulting from the factorial analysis on the data in pretest and percentage of explained variance.

Tasks	Loadings on the factor
Factorial analysis for Inhibition	
Knock & Tap	.855
HTKS[a]	.839
Vegetable Stroop CR[a]	.689
Cat-dog-Fish CR[a]	.670
% of explained variance	**58.95**
Factorial analysis for Attention	
Cats Precision (CR – Err)	.861
Auditory Attention Precision (CR – Err)	.861
% of explained variance	**74.18**
Factorial analysis for Working Memory	
Categospan	.902
Words span	.875
Block Tapping Test	.790
% of explained variance	**73.43**

Note : CR = correct Responses; Err = errors
[a] = Correct responses for the inhibition parts

[2] Precision = number of correct response minus errors.

Table 8. Intercorrelations among the factors in pretest with chronological age in pretest as covariate variable.

Variable	1	2	3
1. Inhibition Factor	-	.499**	.736***
2. Attention Factor		-	.624***
3. Working Memory Factor			-

*$p \leq .05$, **$p \leq .01$, ***$p < .001$

3.3 Between group comparisons in pretest

Testing of the equivalence of the two groups in pretest is reported in Table 9. Groups were equivalent on all demographic variables, on all cognitive measures except attention factor for which the control group showed weaker performance, and on all behavioral measures, except the agitation in UCG where children from the control group were less agitated that those from the intervention group.

Table 9. Mean scores and standard deviations for the waiting-list and intervention groups in pre-test session and between-group comparisons

		Pretest					
		N	Waiting-list group	N	Intervention group	Independent-Samples *t* Test	*d* Cohen (r)
Variables			*M* (SD)		*M* (SD)		
Demographic datas	Sexe (Male)	17	11	17	11	.000[a]	
	CA (in months)	17	51.41 (10.06)	17	56.53 (8.98)	-1.565	
	Mean of IQ subtests	17	97.35 (22.92)	17	99.71 (21.61)	-.308	
	Mother education (max= 7)	17	5.47 (1.46)	16	5.38 (1.50)	.185	
	Father education (max= 7)	17	5.29 (1.45)	14	4.71 (1.59)	1.062	
	Family income (max= 9)	17	7.53 (1.77)	16	7.00 (2.31)	.742	
Cognitive measures	Inhibition Factor	15	99.27 (21.15)	16	108.79 (23.54)	-1.181	
	Attention Factor	16	25.02 (14.36)	16	36.11 (12.90)	-2.297*	-.81 (-.38)
	WM Factor	17	6.43 (1.65)	17	7.26 (1.73)	-1.427	
	Flexibility	17	12.12 (3.16)	17	14.18 (4.19)	-1.618	
	CHEXI WM (parent)	17	2.72 (.72)	16	2.38 (.76)	1.306	
	CHEXI Inhibition (parent)	17	3.89 (.49)	16	3.59 (.77)	1.377	
Behavioral measures	UCG positive affects	16	1.25 (.41)	16	1.15 (.34)	.776	
	UCG negative affects	16	1.58 (.70)	16	1.85 (.85)	-.980	
	UCG agitation	16	3.00 (1.15)	16	4.15 (.70)	-3.410**	-1.21 (-.52)
	UCG inattention	16	2.17 (.88)	16	2.06 (.94)	.323	
	CPRS conduct problems	17	65.35 (11.34)	16	61.94 (15.87)	.715	
	CPRS hyperactivity	17	70.88 (11.13)	16	67.44 (17.33)	.684	
	CPRS impulsivity	17	65.65 (9.73)	16	63.56 (13.67)	.507	
	CBCL Anx/Dep	17	6.41 (4.14)	17	5.59 (2.92)	.671	
	CBCL Att Prob	17	4.71 (1.93)	17	5.00 (2.74)	-.362	
	CBCL Agg Behav	17	24.71 (4.59)	17	23.71 (4.77)	.623	
	CBCL EB	17	29.41 (5.80)	17	28.71 (6.75)	.327	

Notes: CA=Chronological Age; IQ=Intellectual Quotient; WM=Working memory; CHEXI = Childhood Executive Functioning Inventory; UCG=Unfair Card Game; CPRS=Conners Parent Rating Scale; CBCL Anx/Dep: Anxiety/Depression scale of the CBCL; CBCL Att Prob : Attention problems scale of the CBCL; CBCL Agg Behav: Aggressive Behaviors scale of the CBCL; CBCL EB = Externalized Behaviors scale of the CBCL.
*p ≤ .05, **p ≤ .01, ***$p < .001$.
[a] Analysis = χ^2

3.4 Effect of the intervention

Effects of the intervention were assessed by computing repeated measures ANOVA with Time (pre and post-test) as the within-subject factor and Group (intervention and waiting-list) as the between-subjects factor. We were particularly interested in the Time x Group interaction as an indicator of a training effect. All results are reported in Table 10.

3.4.1 Inhibition

The ANOVA calculated on the inhibition factor only showed a significant main effect of time (F (1,29) = 22.196, p = <.001, η_p^2 = .434). Between pre- and post-test, children improved their performances in those inhibition tasks. To examine whether some of the children's characteristics could account for the differential benefit of the intervention, we split the intervention group in two, according to the level of inhibition measured in the pretest (median split). The repeated measures ANOVA showed again a significant effect of time (F (1,14) = 8.328, p = .012, η_p^2 = .373), of inhibition level in pretest (F (1,14) = 11.775, p = .004, η_p^2 = .457) and a significant time-by-inhibition-level interaction (F (1,14) = 8.911, p = .010, η_p^2 = .389). Indeed, children who started with a low level of inhibition benefited more from the intervention than those who had a higher level of inhibition in pretest (Low level : significant improving mean of 25.98±19.06, t(7) = -3.855, p = .006; High level : non-significant improving mean of -.44±16.2, t(7) = .077, p = .941) (see Figure 17). It is however important to note that high-level children did not present ceiling effect in pretest and had thus the possibility to improve their inhibition capacities.

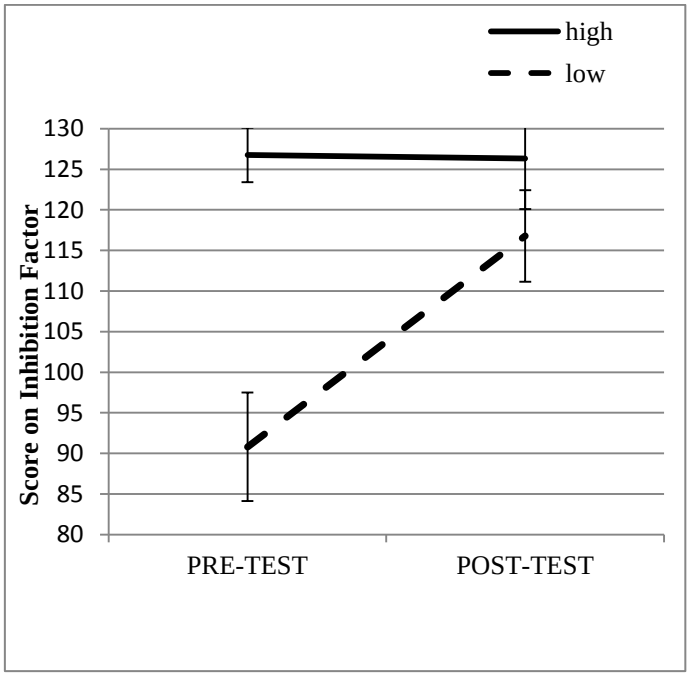


Figure 17. Level of inhibition in pre and post-test for the intervention group, split with respect to inhibition level in pretest (+ standard error)

3.4.2 Attention

The repeated measures ANOVA calculated on the attention factor showed a significant effect of time (F (1,30) = 10.398, p = .003, η_p^2 = .257) and a significant time-by-group interaction (F (1,30) = 17.447, p = <.001, η_p^2 = .368) (see Table 10). However, when we ran the Paired-Samples t Test for each group separately, we found, surprisingly, that the waiting-list group improved their attention capacities (t(15) = -5.151, p < .001), which is not the case for the intervention group (t(15) = .685, p = .504). This improving is in fact due to the *auditory attention* task more than to the *visual attention* task. Indeed, a significant effect of time (F (1,30) = 6.662, p = .015, η_p^2 = .182) and a significant time-by-group interaction (F (1,30) = 19.780, p < .001, η_p^2 = .397) is found for the *auditory attention task* with children from the waiting-list improving from pre- to post-test (t(15) = -4.969, p < .001), which was not the case of children from the intervention group (t(15) = 1.320, p = .207). However, for the *visual attention* task, we only observed an effect of time (F (1,32) = 17.274, p < .001, η_p^2 = .365) showing that both groups improved similarly.

3.4.3 Working memory

The repeated measures ANOVA calculated on the working memory factor showed a significant main effect of time (F (1,32) = 13.443, p = .001, η_p^2 = .296) and a significant time-by-group interaction (F (1,32) = 6.661, p = .015, η_p^2 = .172) (see Table 10). Here again, the waiting-list group improved significantly over time (t(16) = -4.041, p = .001) while this was not the case for the intervention group (t(16) = -.855, p = .405).

3.4.4 Flexibility

The same analysis conducted on the flexibility part of HTKS showed only a marginal effect of group (F (1,32) = 3.830, p = .059, η_p^2 = .107) but no effect of time and no time-by-group interaction (see Table 10).

3.4.5 EF Questionnaire (CHEXI)

Repeated measures ANOVAs were calculated on the two dimensions of the CHEXI evaluated by the parents, working memory and inhibition. A significant effect of time was observed for working memory (F (1,31) = 5.480, p = .026, η_p^2 = .150). For both dimensions, we observed a marginal effect of group (*working memory:* F (1,31) = 3.306, p = .079, η_p^2 = .096; *inhibition:* F (1,31) = 4.080, p = .052, η_p^2 = .116) and more importantly, a marginal time-by-group interaction (*working memory:* F (1,31) = 3.889, p = .058, η_p^2 = .111; *inhibition:* F (1,31) = 3.230, p = .082, η_p^2 = .094). As regards working memory, parents of the intervention group rated their children as presenting less working memory difficulties after the intervention than before (t(15) = 2.894, p = .011) which was not the case for the waiting-list group (t(16) = .275, p = .787) (see Figure 18). Regarding inhibition, the intervention group tended to reduce their inhibition difficulties, but this improvement did not reach statistical significance (t(15) = 1.931, p = .073). In the waiting-list group, there was no change at all (t(16) = -.211, p = .836) (see Figure 19).

Parents of children from the intervention group filled out the CHEXI again 4 months after the post-test. Paired samples *t*-test between post-test and follow-up ratings showed that the improvements still holds 4 months after the intervention (working memory: t (13) = -.589, p = .566; inhibition: t (13) = -1.561, p = .143) (see Figure 18 and 19).

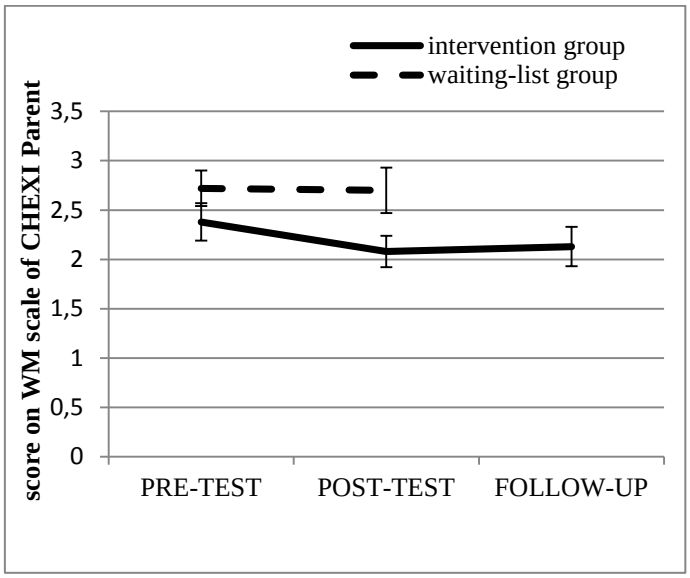


Figure 18. Level of Working Memory difficulties rated by parents with CHEXI in pre and post-test for intervention and waiting-list groups.

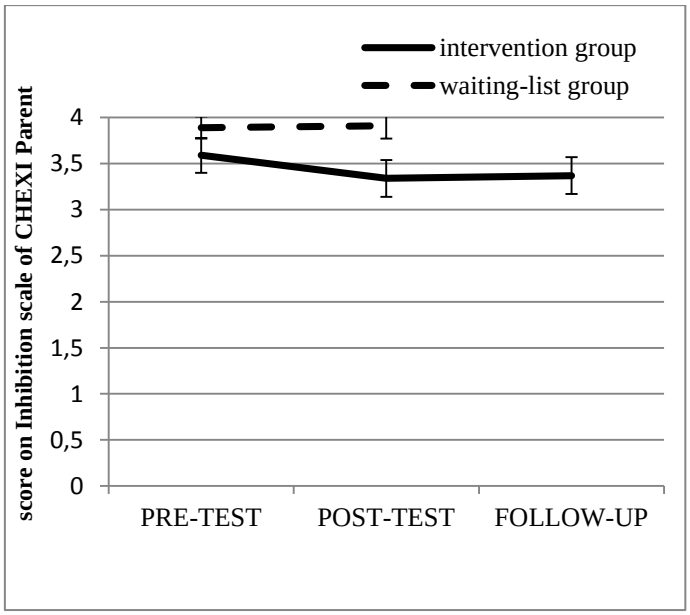


Figure 19. Level of Inhibition difficulties rated by parents with CHEXI in pre and post-test for intervention and waiting-list groups.

3.4.6 Behavior

Concerning the questionnaires (CPRS, CBCL), the repeated measures ANOVAs calculated for the Conners Parent Rating Scale showed a significant effect of time (F (1,31) = 21.167, p = <.001, η_p^2 = .406) for the *conduct problems* scale, but no effect of group or time-by-group interaction (see Table 10). Indeed, children globally reduced their conduct problems from pre- (mean (SD) = 63.70 (13.62)) to post-test (mean (SD) = 55.94 (13.12)). For the *hyperactivity* and *impulsivity* scales, respectively, we found a significant and marginal effect of time (*hyperactivity:* F (1,31) = 14.612, p = .001, η_p^2 = .320; *impulsivity:* F (1,31) = 3.642, p = .066, η_p^2 = .120) and more importantly a marginal time-by-group interaction (*hyperactivity:* F (1,31) = 3.783, p = .061, η_p^2 = .109; *impulsivity:* F (1,31) = 3.188, p = .084, η_p^2 = .093). Indeed, children from the waiting list were rated by their parents as equally hyperactive and impulsive in the pre- and post-test (*hyperactivity*: t (16) = 1.339, p = .199; *impulsivity*: t (16) = .086, p = .932) whereas, in the intervention group, parents rated their children as less hyperactive and less impulsive in the post-test than in the pretest (*hyperactivity*: t (15) = 4.049, p = .001; *impulsivity*: t (15) = 2.641, p = .019) (see figure 20 and 21). Again, parents of children from the intervention group filled out the Conners Parent Rating Scale 4 months after the post-test. Paired samples t-test between post-test and follow-up ratings showed that the improvement on the *hyperactivity* and *impulsivity* scale still holds 4 months after the intervention (*hyperactivity*: t (13) = -1.611, p = .131; *impulsivity*: t (13) = -1.204, p = .250).

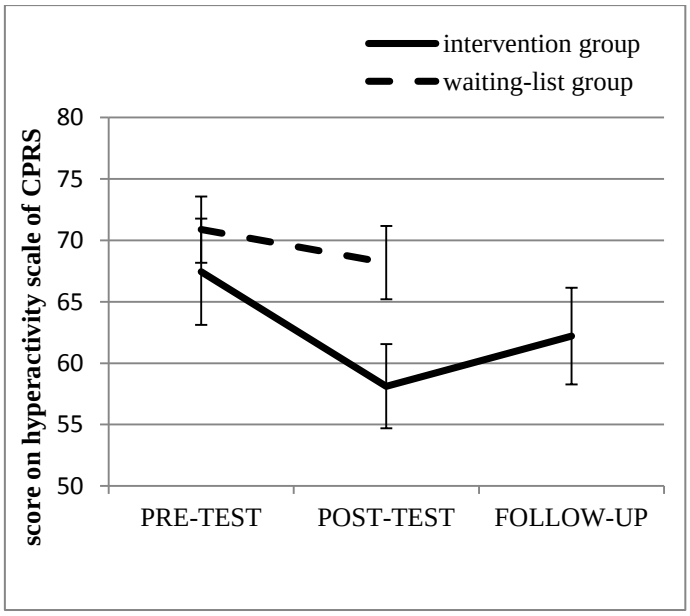


Figure 20. Level of hyperactivity symptoms rated by parents in CPRS in pre and post-test for intervention and waiting-list groups.

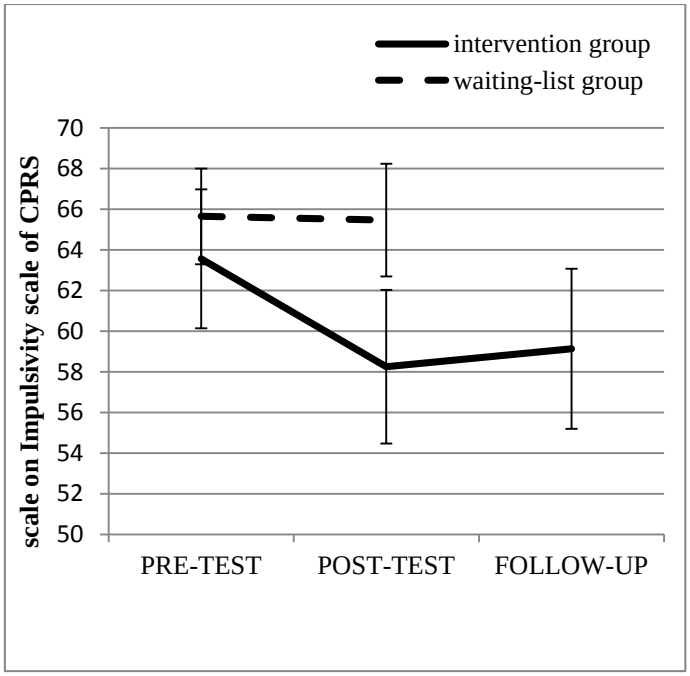


Figure 21. Level of impulsivity symptoms rated by parents in CPRS in pre and post-test for intervention and waiting-list groups.

For the CBCL, the repeated measures ANOVAs calculated on the EB scale showed a significant effect of time (F (1,32) = 24.079, p <.001, η_p^2 = .429) and a marginal effect of group (F (1,32) = 2.926, p = .097, η_p^2 = .084) qualified by a significant time-by-group interaction (F (1,32) = 7.953, p = .008, η_p^2 = .199) (see Figure 22). Indeed, parents rated their children as presenting less EB problems after the intervention than before (t(16) = 4.690, p<.001) which was not the case for the waiting-list group (t(16) = 1.840, p = .084). This training effect observed on the *EB* scale is in fact due to the *Aggressive Behavior* scale more than to the *Attention Problem* scale. Indeed, a significant effect of time (F (1,32) = 31.672, p <.001, η_p^2 = .497), a marginal effect of group (F (1,32) = 3.832, p = .059, η_p^2 = .107) and a significant time-by-group interaction (F (1,32) = 8.019, p = .008, η_p^2 = .200) is observed for the *Aggressive Behavior* scale (see Figure 23) but no effect at all for the *Attention Problem* scale. We have not observed either any effect on the *Anxiety/Depression* scale, and this seems relevant. Indeed, our intervention specifically targeted the improvement of EB, not the more general well-being of the child which includes also internalizing behaviors.

Finally, paired samples t-test between post-test and follow-up ratings showed that the improvement on the *EB* and *Aggressive behavior* scales still holds 4 months after the intervention (*EB*: t (13) = -1.395, p = .187; *Aggressive behavior*: t (13) = -1.406, p = .183).

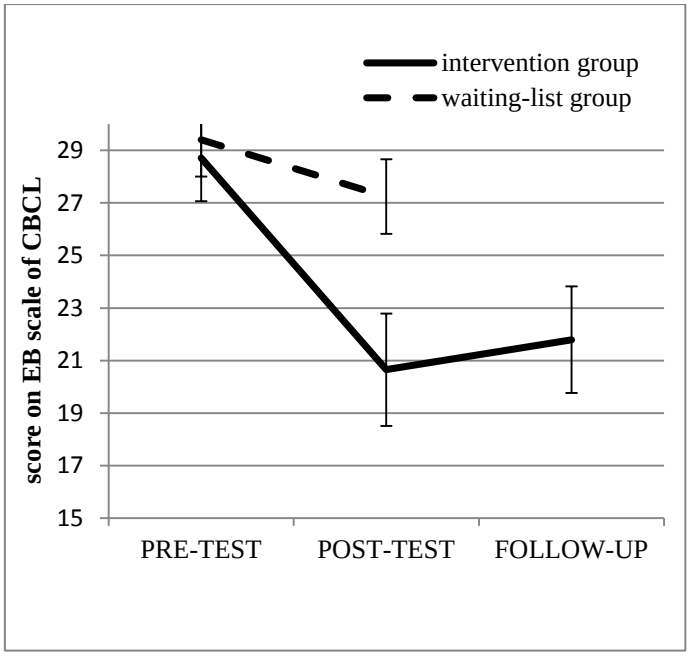


Figure 22. Level of EB symptoms rated by parents in CBCL in pre and post-test for intervention and waiting-list groups.

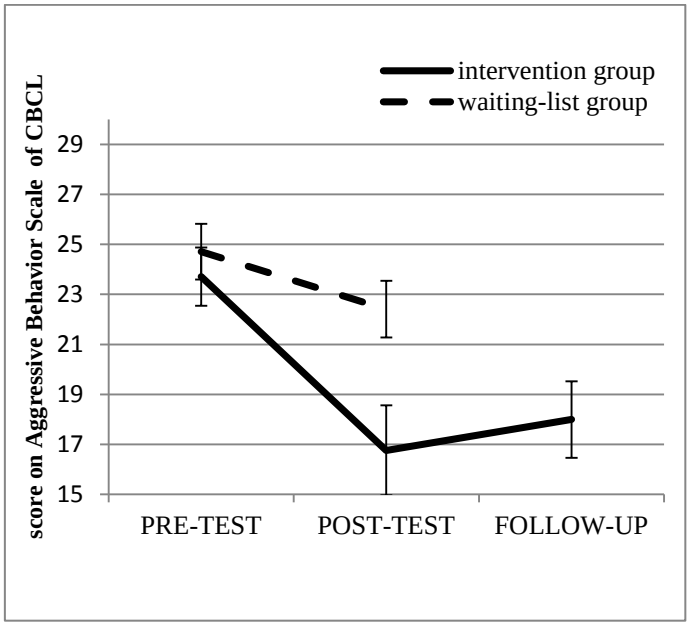


Figure 23. Level of aggressive behaviors rated by parents in CBCL in pre and post-test for intervention and waiting-list groups.

Finally, ANOVAs calculated on the four dimensions of our observational paradigm, the UCG, showed a significant time-by-group interaction for negative affects (F (1,30) = 4.366, p = .045, η_p^2 = .127) and for agitation (F (1,30) = 6.286, p = .004, η_p^2 = .173) (see Table 10). Indeed, children from the intervention group showed a decrease of their negative affects and agitation in the posttest, whereas the opposite was true for the waiting-list group (see Figure 24 and 25). No significant time–by-group interaction was found for positive affects or inattention.

Table 10. Results of Repeated Measure ANOVAs for cognitive and behavioral measures with the two groups (training and waiting-list groups)

			Analysis (F)		
Variables		N	Main Effect of Time (η_p^2)	Main Effect of Group (η_p^2)	Group by time interaction (η_p^2)
Cognitive measures	Inhibition Factor	31	22.196*** (.434)	1.009	.962
	Attention Factor	32	10.398** (.257)	.547	17.447*** (.368)
	WM Factor	34	13.443*** (.296)	.593	6.661** (.172)
	Flexibility	34	1.916	3.830† (.107)	.050
	CHEXI WM (parent)	33	5.480* (.150)	3.306† (.096)	3.889† (.111)
	CHEXI Inhibition (parent)	33	2.498	4.080† (.116)	3.230† (.094)
Behavioral measures	UCG positive affects	32	3.224† (.097)	1.090	.027
	UCG negative affects	32	.802	.056	4.366* (.127)
	UCG agitation	32	.617	6.286* (.173)	9.870** (.248)
	UCG inattention	32	1.752	.488	.052
	CPRS conduct problems	33	21.167*** (.406)	.709	.032
	CPRS hyperactivity	33	14.612***(.320)	1.853	3.783† (.109)
	CPRS impulsivity	33	3.642† (.105)	1.259	3.188† (.093)
	CBCL Anx/Dep	34	16.729*** (.343)	2.169	1.859
	CBCL Att Prob	34	1.643	.207	2.507
	CBCL Agg Behav	34	31.672*** (.497)	3.832† (.107)	8.019** (.200)
	CBCL EB	34	24.079*** (.429)	2.926† (.084)	7.953** (.199)

Notes : WM=Working memory; CHEXI = Childhood Executive Functioning Inventory; UCG=Unfair Card Game; CPRS=Conners Parent Rating Scale; CBCL Anx/Dep: Anxiety/Depression scale of the CBCL; CBCL Att Prob : Attention problems scale of the CBCL; CBCL Agg Behav: Aggressive Behaviors scale of the CBCL; CBCL EB = Externalized Behaviors scale of the CBCL; η_p^2 = Partial eta squares (effect size).
† p ≤ .10 *p ≤ .05, **p ≤ .01, ***p < .001.

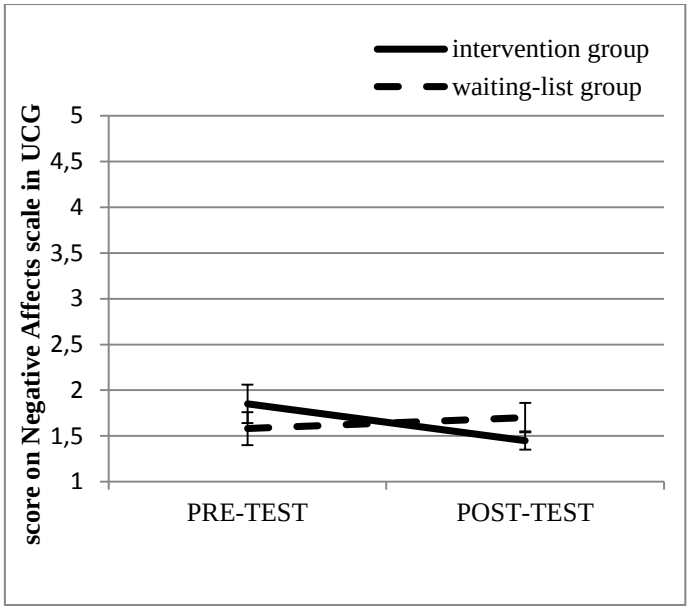


Figure 24. Level of negative affects observed in UCG in pre and post-test for intervention and waiting-list groups.

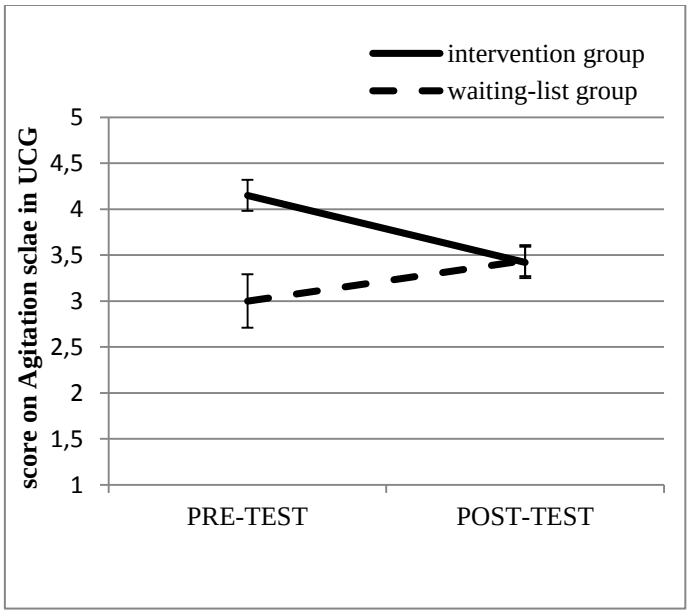


Figure 25. Level of agitation observed in UCG in pre and post-test for intervention and waiting-list groups.

3.4.7 Gender effect

Developmental research often shows gender effects for externalizing behaviors. The link between executive functions and EB would be stronger in sample including a greater proportion of boys (Schoemaker et al., 2013). In this study, we did not find any gender effect: boys and girls have benefited equally from the intervention, either on cognitive or behavioral variables.

4. Discussion

In this research, we wanted to test the causal link between EF and EB by implementing an intervention in EB preschoolers focusing specifically on inhibition and then observing the possible impact on EB. To that end, we replicated with EB preschoolers, the intervention of Volckaert and Noël (2015) who showed, in TD preschoolers, the effectiveness of an inhibition training on executive functions but also on external behavior.

By thoroughly replicating this study in a clinical population, we wanted to test whether this intervention would lead to the same beneficial effects with EB preschoolers and compare them to EB preschoolers who were on a waiting list. We had two hypotheses concerning our potential results. First, as Volckaert and Noël (2015) showed that children with a low inhibition level in pretest were the ones who benefited more from the inhibition training, we might have expected that children with EB, who are characterized by EF difficulties, would largely benefit from that intervention. Accordingly, the intervention would lead to both an EF improvement and a decrease of their EB problems. A second (and contrary) hypothesis was that, as EB preschoolers have multiple risk factors (Deater-Deckard et al., 1998; Roskam, Meunier, Stievenart, et al., 2013), focusing only on inhibition would not lead to a significant improvement in EF and EB. We thus decided in this research to compare the progress of the EB children in the training and waiting list conditions for both their EF capacities and their EB problems.

As Volckaert and Noël (2015) showed a tendency to improve inhibition capacities after the intervention, we expected that our results would point in the same direction. However, despite the fact that we observe a significant effect of time indicating that children improved in inhibition tasks from pre- to post-test, we did not find any time-by-group interaction. Yet, as these authors did, we found that children who had a low level of inhibition in pretest were those who benefitted most from the intervention, whereas children who began the intervention with a high level of inhibition (although having no ceiling performance) did not show any improvement. This may confirm the hypothesis of Volckaert and Noël (2015) suggesting that, as the intervention is led by groups of four children but the groups are not constituted on the basis of inhibition level at pretest, maybe some of the children in the group are not challenged enough in their proximal zone of development with these exercises. Concerning the transfer to other EF, we wanted to observe the effect of the intervention on attention, working memory and flexibility. In their study, Volckaert and Noël (2015) observed an improvement from pre- to post-test on both attention and working memory capacities only for their experimental group, proving the

benefit for other EF of the intervention focusing on inhibition. Surprisingly, we did not observe the same results in this present study. Instead, the waiting-list group actually seemed to improve their attention and working memory capacities more than children in the intervention group. Justifying these surprising results remains difficult. Concerning attention, we may note that the two groups differed in pretest, with a lower level for the waiting-list group than the intervention group, perhaps allowing them a bigger possibility of improvement. Note however that, in this study, we added an EF questionnaire (CHEXI) allowing us to have parental evaluation of EF. Despite the fact that we did not observe any improvement on working memory tasks, parents of children who received the intervention rated their child as presenting less working memory difficulties after the training. The same tendency also appears for their rating of inhibition. Finally, we found that, like Volckaert and Noël (2015) and Tamm, Nakonezny and Hughes (Tamm, Nakonezny, et al., 2012), we did not find any effect of the intervention on flexibility, confirming the idea that, as flexibility capacities are still at the beginning of their development at this very young age, it is difficult to observe an improvement for this EF.

As we used exactly the same intervention program as in Volckaert and Noël (2015), we expected to observe the same positive results for cognitive variables. The failure to find a significant improvement in the cognitive tasks in this present study could possibly be due to the fact that, maybe, more training sessions would have been necessary to induce a significant change in cognitive capacities in EB population. Another possibility would have been to involve the parents (as in Tamm, Nakonezny and Hughes (Tamm, Nakonezny, et al., 2012)) in understanding the role of EF in everyday life activities and using the metacognitive tools (the policeman, the statue and the detective) to help their children exert their behavioral control at home as well. However, two observations are worth nothing here. First, although no significant improvement was measured in the cognitive tasks, parents rated their children as presenting less working memory difficulties and a tendency for less inhibition problems after the training. Second, a significant improvement of inhibition capacities was indeed observed in those children who had lower inhibition skills to start with. Hence, the children of this study were not selected on the basis of EF difficulties but according to their EB level. Even if we know that EF difficulties are a risk factor for developing EB, we know that all children with EB do not present weak EF functions (Volckaert & Noël, in preparation). Possible future studies might consider running the same program but only on children with EB and associated poor EF.

Concerning the behavioral measures, improvements in parental evaluations were highlighted. Indeed, parents rated their child as less impulsive after the intervention, and as presenting less EB, specifically fewer aggressive behaviors. One could posit that these improvements in parental evaluation for the intervention group were due to the fact that parents knew that their child was participating in the training. However, these results are specific as no such improvement was reported by the parents regarding anxiety and depression. Second, these parental ratings were confirmed with our observational paradigm, which is a more objective measure, allowing us to exclude a possible placebo effect. Indeed, as in Volckaert and Noël (2015), we also observe a decrease of negative reactions

and of agitation symptoms in UCG. Here, it is important to note that the coder for UCG was a trained coder not implicated in this research, blind to the group in which children belonged to. So we can exclude any possible bias relative to the experimenter's expectations.

The more important result in this study is the observation of a significant reduction of EB problems in those children after the training. This reduction was larger than the one observed in the waiting-list group and it remained stable 4 months after the end of the intervention. It was reported by parents through questionnaires but it was also measured in an observational paradigm. Furthermore, this reduction was even stronger than the one reported previously by Volckaert and Noël (2015) on TD children. This last positive outcome might of course be due to the fact that by definition, EB children present more problematic behavior than TD children which leaves more space to improvement. Yet, even in the TD population, floor effects were not present at the post-test and thus there was room for a larger improvement3. In sum, taking care of the children in small groups and playing games that allow them to become aware of their cognitive control processes (though the three characters) and use them in games lead to significant improvement of their EB.

We need to point out some limitations in this study. First, children from this study are considered as presenting EB on the basis of parental evaluation, and not because they have been diagnosed by a clinician. An objective evaluation of EB as an inclusion criterion would have been useful to ensure that the difficult behaviors reported by parents really represented EB. We asked teachers to fill out the Conners questionnaire in order to have another external informant, but too few teachers accepted for us to use those data.

Second, as the waiting-list group received some other type of intervention after their own post-test for obvious ethical reasons (we could not ask parents to wait for 8 weeks without offering their EB child any intervention after the post-test), they did not participate in the 4-months follow-up. It was then difficult to correctly analyze these follow-up data, at least for cognitive variables, as we could not control the possible spontaneous development of the children, given that preschool age is a critical period for the emergence of EF. Nevertheless, we observe that the positive change in parental rating of EB, aggressive behaviors, hyperactivity and impulsivity in post-test for the intervention group still holds four months after the intervention. This is thus very promising.

In conclusion, this present study was carried out to test whether the inhibition intervention used by Volckaert and Noël (2015) on TD children could also have a positive impact on an EB population. Results showed that, even if the impact is not the same on cognitive variables, we observed a positive change in parental evaluation that lasts four months after and that is also observed in our observational paradigm.

[3] CBCL EB : $t(22)=9.497$, $p=<.001$; CBCL Agressive behaviors : $t(22)=9.166$, $p=<.001$

Chapitre 5

Executive Function, Chaos and Temperament: specificities in preschoolers with externalizing behaviors

Various factors may contribute to the emergence of externalizing behavior problems (EB) in the preschool period. At the child level, temperament and executive function (EF) seem to play an important role, as well as environmental variables such as household chaos.

In this research, we wanted to observe the profile of 49 EB preschoolers compared to 49 typically developing (TD) preschoolers matched on age and gender. To evaluate the behavioral aspect of EB, we asked teachers and parents to fill out questionnaires, but we also used an observational paradigm. We assessed EF using tasks of attention, inhibition, flexibility and working memory tests. Finally, we used questionnaires to assess household chaos and child temperament.

Results showed that children rated by parents as presenting EB were similarly evaluated by teachers and exhibited more agitation in our observational paradigm. As expected, EB children also presented weaker performances than the TD children in all EF tasks, except those measuring attention, as well as presenting a larger reaction time variability. Parents of the EB group reported a more chaotic environment at home. Finally, we found that child temperament (i.e. emotionality) also plays a role in group belonging.

We thus showed that EB children already exhibit specific characteristics by the time they are of preschool age, not only in the behavioral sphere, but also in the cognitive and environmental areas. However, despite all the differences between the two groups, a discriminant analysis showed that EF capacities have a weak power for EB diagnosis.

Référence

Volckaert, A. M. S. & Noël, M-P. (submitted). Executive function, Chaos and Temperament: specificities in preschoolers with externalizing behavior.

Executive Function, Chaos and Temperament: specificities in preschoolers with externalizing behaviors

1. Introduction

Externalizing behavior problems (EB) play an important role in clinical practice with young children. EB refers to behaviors which are directed towards others, such as physical aggression (e.g., hitting, biting, shoving others), verbal aggression (e.g., teasing, threats) or disruptive behavior (e.g., tantrums, disobedience, agitation, inattention, failure to comply with limits). These behaviors are often the reason for consultation with health professionals such as psychologists, pediatricians and child psychiatrists (Hinshaw & Anderson, 1996; Smeekens et al., 2007).

Parents regularly report that their child is difficult at home and that it is hard for them to manage these disruptive behaviors. However, in young children, it is not easy to determine whether these behaviors should be considered as pathological or as a part of normal child development. Indeed, EB problems lie on a continuum from normal to pathological and a certain level of EB can be considered as typical in young children (Wakschlag et al., 2007).

During the preschool period, EB has been shown to be associated with poor executive functions (EF). Indeed, both studies on typically developing (TD) preschoolers and studies comparing TD and EB preschoolers have repeatedly shown correlations between EB and EF (Livesey et al., 2006; Raaijmakers et al., 2008; Schoemaker et al., 2014). Two meta-analyses have recently been published about this topic. In the first, Pauli-Pott and Becker (2011) reviewed 25 studies testing the association between EF performance and the presence of ADHD symptoms (hyperactivity, impulsivity and inattention). They showed a high correlation between ADHD symptoms and attention-vigilance measures (r=.27), interference control (r=.26, e.g., Stroop test) and inhibition (r=.29, e.g., in a Go-NoGo task), but the correlation was weak with flexibility and working memory measures. In the second meta-analysis, Schoemaker et al. (2013) focused not only on studies of preschoolers showing symptoms of ADHD but also of those with oppositional defiant disorders. They also found that EB was related to an overall EF factor (r=.22) and more specifically to inhibition (r=.24), whereas effect size was smaller for working memory (r=.17) and flexibility (r=.13). They did not, however, investigate the link with attention capacities. Other longitudinal research in TD populations has shown that inhibition capacities at preschool age are a significant predictor of EB one year later (Hughes & Ensor, 2008), two years later (Bohlin et al., 2012) or even three years later (Berlin et al., 2003). Recently, the causal link between poor EF and EB has been sustained by a training study showing that enhancing EF in preschoolers reduced their EB (Volckaert & Noël, 2015).

Despite the obvious link between EF and EB, it seems however clear nowadays that there are various other factors that contribute to the emergence of EB problems (Cohen, 2008; Smeekens et al., 2007). In 1998, Deater-Deckard, Dodge, Bates and Pettit highlighted multiple risk factors in the development of EB in unselected 5- to 10-year-old children. They measured 20 risk variables related to four domains : parenting and caregiving such as harsh discipline, physical harm, biological father involvement, parental conflict or exposure to violence; peer experiences such as peer rejection; sociocultural risks such as poverty, structural characteristics of family or social isolation; and child risk factors such as medical problems in childhood, gender or temperament. They found that 18 of these 20 variables correlated with EB. However, they didn't assess the cognitive characteristics of the children, they measured the risk variables using in-home interviews, and they evaluated EB by using questionnaires or peer reports of aggression.

More recently, Roskam, Meunier, Stievenart, et al. (2013) reported a more detailed analysis of various risk factors that play a role in the onset of EB at preschool age. They highlighted two single risk factors at the child level and two single risk factors at the family level. At the child level, they underlined the role of poor inhibition capacities as well as of the child's temperament. At the family level, insecurity and disorganization of attachment and negative control used by parents in education (hard and inconsistent punishment, high coercion, etc.) appear to be related to the development of EB in young children (see Mervielde, De Clercq, De Fruyt, and Van Leeuwen (2005), M. A. Barnett, Shanahan, Deng, Haskett, and Cox (2010); K. C. Brocki and Bohlin (2006); Fearon, Bakermans-Kranenburg, Van IJzendoorn, Lapsley, and Roisman (2010) for similar observation).

The link between temperament and EB is well established in the literature (Sanson, Hemphill, & Smart, 2004; Shaw, Owens, Giovannelli, & Winslow, 2001). For instance, Meunier et al. (2011) showed a significant negative correlation between child emotional stability, conscientiousness, and agreeableness and the presence of EB in preschoolers. Schmitz et al. (1999) showed that high emotionality evaluated at 14 months of age predicted high EB later on at 20, 24 and 36 months. Rende (1993) also found that emotionality was the most predictive temperament trait for behavior problems.

Moreover, there is evidence that home environment could also contribute to EB. Matheny, Wachs, Ludwig, and Phillips (1995) created the Confusion, Hubbub, and Order Scale (CHAOS) questionnaire, which evaluates household chaos. They found that a noisy, crowded and confused environment is negatively correlated with developmental variables such as cognitive performance, academic achievement, language, motivation, temperament, and cooperative play. Moreover, it could also indirectly influence the child's development through the parents' behavior. Indeed, in a tiring, noisy environment, the parent is more likely to be less responsive, to talk less, and to provide less scaffolding. Corapci and Wachs (2002) also reported that children who live in more "chaos" have a more negative mood, have more intense reactions and a more difficult temperament to manage. This is confirmed by the recent study by Farbiash et al. (2014) which showed that household chaos is associated with negative outcomes in young children such as aggression, emotional problems, conduct problems, and hyperactivity. Chaos also seems to be negatively

correlated with self-regulation, which in turn correlates with EB. Deater-Deckard et al. (2009) showed in a longitudinal study that CHAOS score can predict EB three years later. However, in the literature about this link between household chaos and EB, the predictions and correlations are generally made on the basis of a TD sample (or twin families). In this study, we wanted to explore this relation in young children with EB.

Some researchers have also highlighted a link between chaos and EF. In 2009, Hughes and Ensor showed that household chaos was negatively associated with the development of EF between ages 2 and 4. In school-aged children, Sarsour et al. (2011) also observed correlations between the total score of the HOME questionnaire (Bradley & Caldwell, 1977) and three cognitive variables: a digit span task (working memory), the Stroop test (inhibitory control) and the Trail Making Test (cognitive flexibility). More precisely, they found that the scale "enrichment activities", i.e., having hobbies, going to museums, libraries, travelling, etc., correlates with all three cognitive variables. Five other scales ("physical environment", "parental responsivity", "learning opportunities", "family companionship", and "family integration") correlated with at least one of the three cognitive variables. Two scales "encouragement of maturity" and "emotional climate" did not correlate with any of them.

We thus see that more and more researchers have been interested in the risk factors supposed to be involved in the emergence of EB in young children. Yet most of these studies considered these risk factors separately. To our knowledge, only two of them considered a larger picture, taking into account the cumulative principle, i.e., the greater the number of risk factors, the greater the likelihood of developing EB (Deater-Deckard et al., 1998; Roskam, Meunier, Stievenart, et al., 2013). In this study, we wanted to consider a series of risk factors or characteristics of EB taken together in preschool children. In particular, we compared two groups of preschool children, one presenting a high rate of EB and the other not, on three dimensions: EF, child temperament and chaos.

We also measured children's reaction time variability (RTV). Indeed, several studies showed that ADHD school-aged children or adults often present more variability in their reaction times in computer cognitive tasks than control participants. This increased variability has been found in tasks both involving and not involving executive components (for more details see the meta-analysis by Kofler et al. (2013) or the review of Tamm, Narad, et al. (2012)). According to Kofler et al. (2013), this variability actually reflects attentional lapses during the task. As far as we know, this aspect has not been studied in preschool population. We thus considered that it was interesting to include a measure of that RTV in this study.

Moreover, in most of these studies, EB has been assessed through questionnaires filled out by parents as well as, sometimes, by teachers. In this study, we wanted to keep these observers' assessments but we also wanted to have a direct objective measure of the child's EB in a controlled environment. To that end, we included an observational paradigm which included a situation inducing frustration.

Concerning EF measures, we used a questionnaire filled out by the child's parents and teacher to have a subjective measure of their impression of the child's cognitive capacities. We also used a large battery of cognitive tests measuring the child's attention, working memory, flexibility and inhibition capacities, with a stronger emphasis on the last as it is known to be the EF which is most strongly related to EB.

In this study, we first checked whether parents' ratings of the child's EB correlated with the teachers' evaluations, as well as with the clinician's observation of the child's behaviour in the observational paradigm. Then, we compared the EB and the TD samples of children on the different dimensions that were measured: EF, RTV, temperament and chaos. We expected EB children to have poorer EF capacities than TD children, especially in inhibition tests, and to present greater RTV as well. We also expected there to be a more chaotic environment in the EB group. Regarding temperament, we expected differences between the two groups mainly as regards the emotionality dimension. All these dimensions were integrated into one single discriminant analysis in order to examine their relative power in predicting the group belonging (EB or TD).

2. Method and Materials

2.1 Participants

Preschool children were recruited by advertising our study among pediatricians and schools and in the media. Parents received an information letter and a consent form for the participation of their child in the study. Forty-nine children with externalized behavior problems (EB children) and forty-nine typically developing children (TD children) matched to the EB children in terms of chronological age and gender were recruited. To be part of the EB group, children had to have an EB score of 21 or more on the Child Behavior Checklist as completed by the parents (Achenbach & Rescorla, 2000a). To be part of the TD group, children had to have a score below 21 on this same scale. Children were between 40 and 70 months old (M age = 59.57 months, SD = 6.77). There were 24 girls and 25 boys in each group.

2.2 Instruments

2.2.1 Instruments for the inclusion criteria

Child Behavior Checklist (CBCL)

The Child Behavior Checklist 11/2- 5 is a list of statements about the child's everyday behavior, rated on a Likert scale ranging from 0 to 2, with 0 meaning "not applicable," 1 meaning "applies more or less or sometimes" and 2meaning "always applicable". The EB scale is the sum of the "Aggressive Behavior" subscale, which comprises 19 items, and the "Attention Problems" subscale, comprising 5 items. The scales of CBCL have a Cronbach's alpha between .63 and .86, and test-retest reliability is .85 (Achenbach & Rescorla, 2000a). A score below 21 on the EB scale is considered "normal".

WechslerPreschool and Primary Scale of Intelligence (WPPSI-III)

We used two subscales of WPPSI-III (Wechsler, 2004) to evaluate IQ: "Information" from the verbal scale and "Block design" from the performance scale. The mean of these two subtests is 10, with a standard deviation of 3. Children were included in the study if the mean of the standard score of these two subscales was between 5.5 and 14.5.

2.2.2 Demographic variables

Parental level of education was evaluated using a seven-point scale from low (incomplete elementary school) to high (university) education. Within the whole group, mean for the mothers' level of education was 5.09 (SD = 1.50), and 4.83 for the fathers' (SD = 1.65), a score of 5 corresponding to short-term higher education. For monthly income (including any source of net income, for both parents), we used a nine-point scale from low (0-500 euros) to high income (more than 4000 euros). Mean was 6.61 with a standard deviation of 2.09, which corresponds to a middle class income of 2500-3000 euros a month.

2.2.3 Behavioral Measures

Conners Rating Scale

We asked parents and teachers to fill in the Conners Parent and Teacher Rating Scale (CPRS, CTRS) for each child (Goyette et al., 1978). These questionnaires, measuring parents' and teachers' perception of the child's hyperactivity, inattention, impulsivity and conduct disorders, are composed of 48 items in the parent version and 28 items in the teacher version. Very recently, Catale et al. (2014) validated the factorial structure of the parent questionnaire and confirmed the good psychometric qualities. Indeed, the three main scales (conduct problems, learning difficulties and impulsivity/hyperactivity) present a Cronbach alpha between .76 and .80. In this questionnaire, adults must choose whether the statement represents a common behavior of the child (four-point Likert scale from "not at all" to "very much"). In this study, we used inattention, hyperactivity/impulsivity and conduct disorder factors which are calculated as the sum of the respondents' ratings of the relevant observed behaviors. T-scores (mean of 50, SD of 10) are then calculated and taken into account in our analysis.

Unfair Card Game (UCG)

The Unfair Card Game (Roskam et al., in press) is inspired by an adult paradigm focusing on perspective-taking (Bukowski & Samson, in press) and is based on a cooperative computer game where the child is invited to play with a virtual child named Thomas. It has been designed to induce spontaneous positive affects in the first part and frustration in the second part. The game is presented to the child as a game where he/she can win candy. The child sits at a table facing the computer, next to the examiner. When the game starts, instructions are given to the child by a virtual examiner (a previously video-recorded adult). Two cards are shown on the screen; on one of them there is a picture of a

piece of candy. Then the cards turn over and start to move. When the cards stop moving, the child must indicate which is the card with the candy. The child is invited to play five rounds. For each correct answer, he/she gives a piece of candy to Thomas, his virtual partner. After the first five rounds, it's time for Thomas to play. It is explained that a candy will be given to the child for each of Thomas's correct responses. However, the game is rigged such that the child wins his/her five rounds and therefore Thomas wins five pieces of candy (this is called the winning phase), but Thomas wins only one round, so the child receives only one piece of candy (losing phase). At the end of the game, Thomas tells the child that he played badly and that he will therefore share his candies with the child. In this way, the level of frustration of the child returns to normal. This game lasts for 10 minutes. The advantage of this observational paradigm is that we can control the reaction of the adversary, as each child is faced with the same virtual partner (Thomas). The speech of the examiner is also strictly standardized (comments made at the end of each round, for the two phases). The UCG is video-recorded and coded following standardized guidelines. Four dimensions are coded: positive affect (smile, laughter, etc.) negative affect (tears, insults, etc.), agitation (movements) and inattention (distraction). For each of these dimensions, frequency and intensity are taken into account when coding, using a 5-point Likert scale ranging from 1 (neither frequent nor intense) to 5 (very frequent and intense). Coding was done by trained coders. The intercoders' reliability, calculated with the weighted Kappa coefficient, reaches .766.

2.2.4 Cognitive Measures

Inhibition/Flexibility

Cat-Dog-Fish

The cat-dog-fish task (Noël, unpublished-a) is a task inspired by the Day / Night test (Gerstadt et al., 1994) which assesses inhibitory control. There are two conditions: in the control condition, a card of 24 drawings (cats, dogs and fish) is presented to the child. He/she must name the pictures on the card as quickly as possible and without error. In the inhibition condition, we tell the child that, on Mars, "cats" are called "dogs", "dogs" are called "cats" and fishes are called fishes (in French, the word for « cat » (chat) is very close phonologically to the word « dog » (chien)). The child is invited to follow the new rule and give the "Martian" animal names for the animals on the second card as fast as possible and without error. The reliability of this test measured by Cronbach's alpha is excellent for the inhibition condition (.92) (Volckaert & Noël, 2015). Our measure is an efficiency score for the inhibition condition, i.e., the precision (number of correct responses) divided by the time (in seconds), so that a high efficiency score corresponds to a good performance.

Fish

Fish is a Simon task that was developed with E-Prime Software (for more information see Schneider, Eschman & Zuccolotto (2002) E-Prime User's Guide. Pittsburgh: Psychology Software Tools, Inc.). A fish appears on the computer screen and the child is asked to push on the side toward which the fish looks, regardless of on which side it

appears. The response keys correspond to the letters "S" and "L" on an AZERTY keyboard. There were two types of stimuli: congruent or incongruent. In the case of congruent stimuli, the fish appears on the right and looks to the right OR the fish appears on the left and looks to the left. In the case of incongruent stimuli, the fish appears on the right and looks to the left OR the fish appears on the left and looks to the right. A practice block of 8 items preceded the test itself, which includes 40 items. Items are pseudo-randomly intermixed, with the constraint that the same response (S or L) cannot occur twice, nor the same condition (congruent or incongruent). Fish remain on the screen until the child responds. As we developed this task, its reliability was measured by calculating Cronbach's alpha on data collected and is excellent (.91). An efficiency score for the incongruent condition was calculated by dividing the precision (correct responses) by the time (in seconds).

Head-Toes-Knees-Shoulders (HTKS)

This task was developed by Ponitz et al. (2009). In its original form, it is composed of three parts, but we have added a fourth. In the first part, the child is asked to touch his/her head when the examiner says "touch your feet", and to touch his/her feet when the examiner says "touch your head". In the second part, shoulders and knees are added. The child must now touch his/her knees when the examiner says "touch your shoulders" and vice versa, in addition to the two instructions in Part 1. In the third part, the rules are changed: the child must now touch his/her knees when the examiner says "touch your head" and touch his/her shoulders when he says "touch your feet" (and vice versa). This third part is administered only if the child has correctly answered at least 5 of the 10 items in Part 2. We created a fourth part, which is always performed, in order to test flexibility. In this part, there are two hoops on the floor, a red one and a blue one. When the examiner is in the blue hoop, the child has to do what the examiner says (i.e., to touch his/her head when the examiner says "touch your head" and to touch his/her feet when told to do so). However, when the examiner is located in the red hoop, the child must do the opposite and touch his/her feet when told to touch his/her head (and vice versa). At the beginning of each part, there are 8 practice items to ensure that the child understands the rule. The number of correct responses for each part is calculated. For the inhibition parts, we used the number of correct responses for the three first parts. For flexibility, we used the number of correct responses for Part 4.

Attention

Cats

The *cats* task is a cancellation task from the NEPSY battery (Korkman et al., 1998) measuring selective visual attention. The internal consistency is good (.71) and the test-retest stability correlation is .62. In this task, the child had to cancel as many cats as possible without paying attention to distractors. Maximum duration is 180 seconds. The child is asked to be as fast as possible. Our measure is an efficiency score, taking into account the precision (number of correct responses minus errors) and the time (in seconds).

Auditory Attention

In this task from the NEPSY battery (Korkman et al., 1998), the child listens to an audio recording and has to put a red square in a box when and only when he/she hears the word "red". The internal consistency is good (.81) and the test-retest stability correlation is .81. Precision score used in this study is calculated by subtracting errors from correct responses.

Reaction Time Variability

We calculated for each child the Reaction Time Variability (RTV) from the Fish task items, because it was the only task for which we had reaction time (RT) for each of the 40 items. The RTV was measured using the coefficient of variation, i.e., the ratio between the standard deviation of the RT (for the successful items only) and the RT median (again for the successful items only) (Kofler et al., 2013).

Working Memory

Word span

The Word Span task (Noël, 2009) was used to assess verbal short-term memory (phonological loop). In this task, the examiner presents a series of words to the child (one per second), who is asked to repeat them in the same order. The first level of difficulty includes two words; one more word is added for each new level. Each level of difficulty has three trials, and if the child fails in at least two out of the three trials, the task is stopped. We used the corrected span as the dependent measure: this is the longest sequence for which two series were repeated correctly, plus .5 if one longer series was also correctly processed.

Block Tapping Test

The Block Tapping Test (Noël, 2009), initially developed by Corsi (1973), is a measure of short-term memory of visuospatial information (visuospatial sketchpad). The examiner and the child sit face to face with a board between them, onto which are glued nine identical cubes. The child has to imitate the path of the examiner, who touches sets of cubes of increasing number. There are, as for the word span task, three trials per level. We again used the corrected span as the dependent measure.

Categospan

This complex span task (Noël, 2009) was used to assess the central executive. The examiner orally presents one-syllable food or animal words which the child must then repeat by category, first naming the foods items, then the animals. Trials with items drawn on cards are performed first to ensure that the child understands the instructions, and pictures of a forest and a plate are presented to the child to help recall animal and food names, respectively. There were three trials per level, with trial set length increasing in each level. We used the corrected span as the dependent measure.

Executive questionnaire

Childhood Executive Functioning Inventory (CHEXI)

We asked parents and teachers to fill out the French version of the Childhood Executive Functioning Inventory (Catale et al., 2013) which evaluates the executive functioning of the child. It is composed of 24 items focusing on two factors, inhibition and working memory, and scored on 1-to-5-point Likert-type scales. A mean score is calculated for each factor. For this French version, the authors found good internal consistency (Cronbach's alpha was .85 for the inhibition subscale and .89 for the working memory subscale) and high test-retest reliability for the two subscales (.87 for the inhibition subscale and .75 for the working memory subscale).

Household chaos

The Confusion, Hubbub, and Order Scale (CHAOS)

We asked parents to fill out the CHAOS questionnaire (Matheny et al., 1995) to evaluate household chaos. This questionnaire contains 15 items to be answered by "true" or "false". A total score is found using the sum of the 15 items' answers. A higher total score represents more chaotic household. The coefficient alpha for the 15 items is .79, and the test-retest stability correlation for the total score is .74 (Matheny et al., 1995).

Temperament

Colorado Childhood Temperament Inventory (CCTI)

The CCTI is a questionnaire created by merging the NYLS and the EASI scales (D. C. Rowe & Plomin, 1977). All scales present a Cronbach alpha between .73 and .88, and test-retest reliability is between .43 and .80. In this study, parents are asked to fill in twenty-five items of the CCTI about their child's temperament and five scales are taken into account: Emotionality, Sociability, Activity, Soothability and Attention Span Persistence.

3. Results

3.1 Between group comparisons

Table 11 presents means and standard deviations for all variables. For all measures, t-test comparisons were conducted. The level of significance for all tests was set at 0.05. Effect sizes were calculated using Cohen d (see Table 11). We reported the number of children from each group for each variable in this table, as for some variables some subjects have not been tested. Despite these differences in group size, the subgroups considered never differed in terms of age or gender. Children in the EB group did not differ from TD in terms of IQ nor in terms of mother's and father's level of education, or in monthly income (see Table 11). We thus had perfectly comparable groups.

Table 11. Mean scores and standard deviations for each group and between-group comparisons

		Pretest					
			TD group (N=49)		EB group (N=49)	Analysis *t*	Effect size *d* Cohen (r)
Variables		*N*	*M* (SD)	*N*	*M* (SD)		
Inclusion criteria	CBCL EB	49	8.95 (5.45)	49	28.21 (6.09)	-16.498***	-3.3 (-.86)
	CBCL AttProb	49	1.72 (1.52)	49	5.16 (2.00)	-9.533***	-1.94 (-.70)
	CBCL AggBehav	49	7.21 (4.46)	49	23.05 (4.93)	-16.684***	-3.37 (-.86)
	Mean of IQ subtests	49	8.71 (2.14)	49	9.40 (2.36)	-1.504	
Demographic datas	CA (in months)	49	60.71 (5.00)	49	58.43 (8.06)	1.687	
	Mother education (max= 7)	48	4.92 (1.57)	48	5.27 (1.43)	-1.158	
	Father education (max= 7)	47	4.68 (1.64)	43	5.00 (1.66)	-.915	
	Family income (max= 9)	25	6.24 (1.69)	42	6.83 (2.28)	-1.127	
Chaos	CHAOS	26	2.42 (2.27)	44	6.25 (2.90)	-5.760***	-1.47 (-.59)
Temperament	CCTI EMO	26	13.65 (3.70)	43	17.74 (3.29)	-4.777***	-1.17 (-.50)
	CCTI ACTI	26	15.46 (3.67)	43	18.70 (3.00)	-3.986***	-.97 (-.44)
	CCTI SOC	26	18.31 (3.54)	43	16.58 (4.58)	1.645	
	CCTI ATT	26	16.54 (2.87)	43	13.00 (3.87)	4.031***	1.04 (.46)
	CCTI SOOTH	26	16.88 (3.20)	43	13.72 (2.88)	4.237***	1.04 (.46)
Behavioral measures	CPRS conduct problems	26	41.6 (7.92)	44	62.68 (14.24)	-6.816***	-1.83 (-.67)
	CPRS hyperactivity	26	43.88 (6.17)	44	68.05 (13.38)	-8.660***	-2.32 (-.76)
	CPRS impulsivity	26	43.50 (6.17)	44	64.52 (10.01)	-9.662***	-2.53 (-.78)
	CPRS learning problem	26	46.50 (9.57)	44	64.66 (17.76)	-4.807***	-1.27 (-.54)
	CTRS conduct problems	27	46.44 (5.03)	35	55.00 (8.85)	-4.490***	-1.19 (-.51)
	CTRS inattention	27	45.56 (4.76)	35	47.09 (5.71)	-1.123	
	CTRS hyperactivity	27	44.52 (5.18)	35	51.83 (8.06)	-4.100***	-1.08 (-.47)
	UCG positive affects	49	1.51 (.48)	49	1.24 (.41)	2.895**	.60 (.29)
	UCG negative affects	49	1.44 (.45)	49	1.63 (.62)	-1.733†	-.35 (-.17)
	UCG agitation	49	1.70 (.64)	49	3.21 (1.05)	-8.619***	-1.74 (-.66)
	UCG inattention	49	1.98 (.68)	49	2.18 (.80)	-1.291	
Cognitive measures							
Attention	Cats (ES)	48	.27 (.09)	49	.26 (.12)	.211	
	Auditory Attention	48	27.23 (10.45)	46	23.96 (14.41)	1.264	
WM	Word Span	48	3.32 (.63)	49	3.13 (.62)	1.499	
	BTT	48	3.53 (.68)	49	3.16 (.81)	2.428*	.49 (.24)
	Categospan	48	2.44 (.79)	48	2.32 (.82)	.697	
	CHEXI WM Parent	47	2.19 (.67)	47	2.56 (.66)	-2.727**	-.56 (-.27)
	CHEXI WM Teacher	49	1.92 (.84)	38	2.30 (.92)	-2.040*	-.43 (-.21)
Flexibility	HTKS 4	48	15.44 (3.95)	49	14.12 (3.63)	1.708†	.35 (.17)
Inhibition	HTKS 1-2-3	48	31.69 (13.91)	49	26.27 (17.28)	1.700†	.35 (.17)
	CDF inhib condition (ES)	49	.52 (.17)	49	.42 (.19)	2.832**	.55 (.27)
	Fish incong condition (ES)	27	.01 (.01)	44	.01 (.00)	2.872**	0 (0)
	CHEXI Inhib Parent	47	2.73 (.68)	47	3.69 (.65)	-7.012***	-1.44 (-.59)
	CHEXI Inhib Teacher	49	2.10 (.86)	38	3.07 (.90)	-5.106***	-1.10 (-.48)
RTV	RTV Fish	27	.55 (.30)	44	.77 (.41)	-2.4*	-.61 (-.29)

Notes : TD=Typically Developing; EB=Externalized Behavior; M=Mean; SD=Standard Deviation; CA=Chronological Age; IQ=Intellectual Quotient; CCTI=Colorado Childhood Temperament Inventory; EMO=Emotionality; ACTI=Activity; SOC=Sociability; ATT=Attention Span Persistence; SOOTH=Soothability; CBCL=Child Behavior CheckList; UCG=Unfair Card Game; CPRS=Conners Parent Rating Scale; CTRS=Conners Teacher Rating Scale; ES=Efficiency Score; BTT=Block Tapping Test; CHEXI WM=Working Memory scale of the CHEXI; HTKS=Head-Toes-Knee-Shoulder; CDF=Cat-Dog-Fish; CHEXI Inhib=Inhibition scale of the CHEXI; WM=Working Memory; RTV=Reaction Time Variability.
†p <.1 *p ≤ .05, **p ≤ .01, ***p < .001.

3.1.1 Behavioral measures

As the CBCL score was the criteria for selecting the two groups, differences between the two groups are trivial. However, we wondered if the difference between the two groups on the EB scale was more due to the "attention problem" scale or to the "aggressive behaviour" scale. Accordingly, we ran a repeated measures ANOVA with one within-subject factor, the scale ("attention problems" and "aggressive behaviors") and one between-subjects factor, the Group (TD and EB group). As the two scales did not include the same number of items, we used a mean score for each of the scales (total score for the scale divided by the number of items of the scale). The results showed significant main effects of scale ($F(1,96) = 10.940$, $p = .001$, $\eta_p^2 = .102$) and group ($F(1,96) = 206.467$, $p < .001$; $\eta_p^2 = .683$) and a significant interaction between the two ($F(1,96) = 5.244$, $p = .024$, $\eta_p^2 = .052$). Even if the two groups differ for each scale ($t(96) = -9.533$, $p < .001$ for attention problems scale; $t(94) = -16.683$, $p < .001$ for aggressive behaviors scale), the difference is larger for the aggressive behaviors scale (see Figure 26).

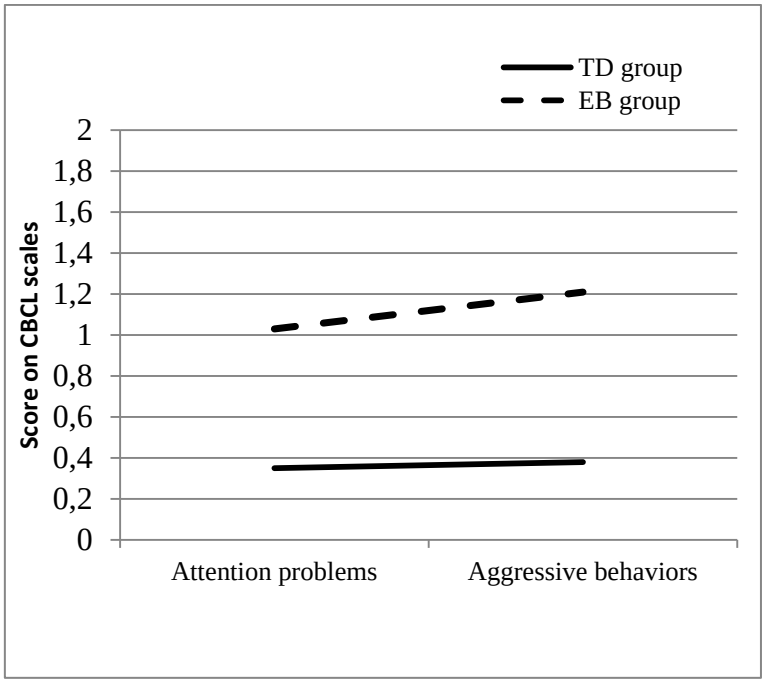
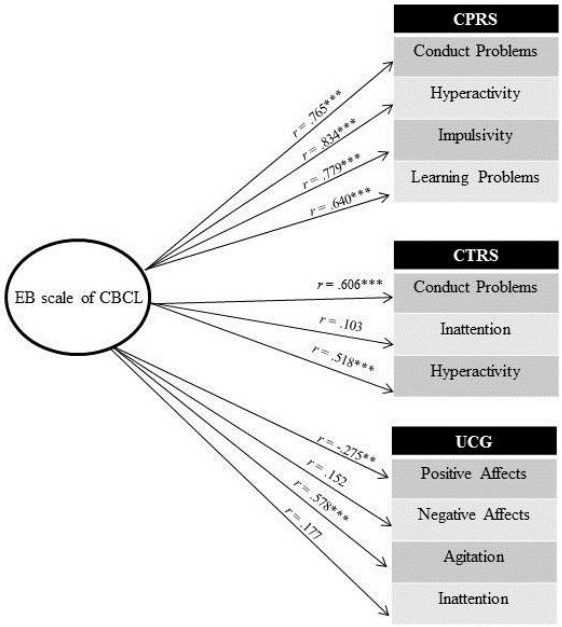


Figure 26. Difference between TD and EB groups on CBCL scales

On the Conners, parents of the EB children rated their children as presenting more difficulties on all four scales--conduct problems, hyperactivity, impulsivity and learning problems--relative to parents of the TD group. Congruently, teachers rated EB children as presenting more conduct problems and more hyperactivity than TD children. However, teachers did not highlight inattention problems (see Table 11).

In the observational paradigm, t-tests showed that children from the EB group were significantly more agitated than those of the TD group and presented significantly less positive affects, but the difference between the two groups was marginal for the negative affects and we didn't find any difference for inattention (see Table 11).

Correlations were measured between the different ratings of the children's behaviour by the parents and by the teachers through questionnaires and by the clinician in the observational paradigm. As we see in Figure 27, the EB score of CBCL-Parents correlates very well with parents' rating of all the Conners scales, i.e., conduct problems, hyperactivity, impulsivity and learning problems. More importantly, it also correlates with Conners teacher's ratings of conduct problems and hyperactivity, which indicates that children's EB were independent of the person rating the child's behaviour and were not restricted to one specific environment. Finally, we also observed significant correlations between the EB score of CBCL-Parents and two scales of the UCG, i.e., positive affects and agitation, which seems to show that children's EB are independent of the modality of the evaluation or of the evaluator.



Notes. CBCL=Child Behavior CheckList; UCG=Unfair Card Game; CPRS=Conners Parent Rating Scale; CTRS=Conners Teacher Rating Scale; UCG=Unfair Card game.
*p ≤ .05, **p ≤ .01, ***p < .001.

Figure 27. Intercorrelations among EB scale of CBCL and behavioral variables.

3.1.2 Temperament

As we see in Table 11, the EB group presents significantly lower attention capacities and more difficulties in being soothed than the TD group. They also have a higher score on emotionality and activity than the TD group, which means that EB children have more difficulties managing their emotions and are more restless than TD children. However, we did not find any significant difference between the two groups on the sociability scale of the CCTI.

3.1.3 Household Chaos

Despite the similarities in demographic variables, more household chaos was characteristic of the EB group (see Table 11). Indeed, although there are no normative data for this questionnaire (higher the score, higher the household chaos), we observed that nearly all the TD children (96%) had a chaos score below the midpoint 7/15 while 40% of the EB children had a total score above that midpoint.

3.1.4 Cognitive measures

The TD group outperformed the EB group on all the inhibition tasks, except for the HTKS where the difference was marginal. Concerning the working memory tasks, the two groups differed significantly only on the visuospatial sketchpad, with an advantage for the TD group (no difference for the phonological loop or the central executive). For flexibility (fourth part of HTKS), the difference between the two groups did not reach significance. Concerning attention, we didn't find any difference for either visual or auditory tasks. Finally, on the two scales of the CHEXI, both parents and teachers judged the EB children to have lower working memory and lower inhibition capacities relative to TD children.

In the line of Nigg, Willcutt, Doyle, and Sonuga-Barke (2005), we wanted to further explore the number of failed tasks by each child in each group to see to what extent these cognitive tasks could help in the diagnosis of EB. To this purpose, we computed z-score for each of the cognitive tasks and considered that a child failed a task when the z-score was below 1.5. Only 2% and 4% of the TD and EB children respectively failed at least one of the attention tasks. For working memory, this percentage reaches 18.4% for both the TD and EB children. The flexibility task was failed by 12.5% of the TD children and 10.2% of the EB children. The only place where the profile of the two groups differed was for the inhibition tasks: 18.4% of the TD and 47% of the EB children failed at least one of the inhibition tasks. Yet, even that larger difference is not sufficient to consider those tasks as sensitive and specific enough to allow a diagnosis.

Our last cognitive measure was the RTV and showed that the EB group presented a higher variability in reaction time than the TD group ($t(69) = -2.400$, $p = .019$).

3.2 Discriminant analysis

A discriminant analysis was then run to see how these different dimensions could help to distinguish between the EB and the TD groups. In order to work with more global measures, factorial analyses in principal components forcing to one factor were computed to obtain a single score for the working memory, inhibition and attention dimensions, as well for temperament (CCTI). As can be seen in Table 12, the attention factor was calculated on the cats and auditory tasks. The saturation of each task was .856 and the factor accounted for 73.3% of the variance. The loading for the three working memory tasks (categospan, word span, block tapping test) ranged between .674 to .838 and the factor accounted for 57.4% of the variance. The inhibition factor was calculated on the fish, cat-dog-fish and HTKS tasks. The saturation of tasks on this factor ranged from .770 to .783 and the factor accounted for 60% of the variance. The last factor was calculated on scales of CCTI (emotionality, attention, soothability, activity). The saturation of tasks on this factor ranged from .601 to .839 and accounted for 50.8% of the variance.

Table 12.Tasks loadings for the two factors resulting from the factorial analysis

Tasks	Loadings on the factor
Factorial analysis for Attention	
Cats	.856
Auditory attention	.856
% of explained variance	**73.3%**
Factorial analysis for Working Memory	
Categospan	.838
Words span	.751
Block Tapping Test	.674
% of explained variance	**57.4%**
Factorial analysis for Inhibition	
Fish	.783
Cat-Dog-Fish	.771
HTKS	.770
% of explained variance	**60%**
Factorial analysis for Colorado	
Emotionality	.839
Attention	-.739
Activity	.649
Soothability	-.601
% of explained variance	**50.8%**

These four factors (attention, working memory, inhibition and temperament) were then entered, together with the CHAOS (total score), flexibility (correct responses for the fourth part) and RTV measures, as independent variables in a discriminant analysis with the group (EB or TD) as the dependent variable. The obtained discriminant function was significant (Wilks's lambda of .39, $\chi^2(7)= 56.80$, $p < .001$, $R2=.61$). Table 13 showed however that attention, working memory and flexibility did not contribute to discriminate the two groups. We thus ran another discriminant analysis removing those three variables. This new

discriminant function involving CCTI, Chaos, RTV and inhibition factor was significant (Wilks's lambda =.44; $\chi^2(7)= 52.16$, p <.001, R2=.56) and allowed to correctly classify 84% of the TD children and 88% of the EB children. It is however important to note that the primary explanatory factor is temperament (CCTI), which accounts for 40% of the variance; then chaos, which adds another 8% of explained variance; then RTV, which adds another 6% and finally inhibition factor, which contributes another 2% of supplementary explained variance.

Table 13. Tests of Equality of Group Means

	Wilk' Lambda	F	df1	df2	Sig
Colorado	.590	43.799	1	63	<.001
CHAOS	.620	38.652	1	63	<.001
RTV	.899	7.080	1	63	.010
Inhibition	.953	3.107	1	63	.083
Flexibility	.981	1.188	1	63	.280
Working memory	.993	.462	1	63	.499
Attention	1.000	.014	1	63	.905

4. Discussion

As the patterns of behavior disorders such as hyperactivity can already be observed at the preschool-age (Shaw, Lacourse, & Nagin, 2005), it seems important to investigate the profile of EB children at this early age.

Research about EB has increasingly grown in the literature for the last few years, highlighting several risk factors for developing EB at a very young age. But studies which investigate many of the aspects of life which are affected by EB in this population of EB preschoolers are rare. In this study, we wanted to observe the profile of EB preschoolers, taking into account the behavioral, cognitive and environmental spheres. We first wanted to observe whether children rated by parents as presenting EB would also be rated in this way by teachers, and whether the differences in EB between the two populations would also be apparent in an observation paradigm. We then compared our two groups on cognitive tests, temperament and household chaos. Finally, all these dimensions were integrated into a discriminant analysis in order to examine their relative power in predicting group belonging (EB or TD).

Before further consideration, we need to observe one thing. It is usual to note in the literature that EB children often come from low SES families (Bradley & Corwyn, 2002; Hill, 2002). However, in this study, the two samples compared did not differ in terms of family income or parental educational level.

As we created our groups on the basis of the CBCL parental rating of EB and as we know the importance of multi-informant evaluation (Roskam, Stiévenart, et al., 2011), we first examined whether EB children are different from TD children not only by parental evaluations of their behavior but also by teacher's rating. Indeed, we know that EB children

are generally difficult both at home and at school, as in any other environment. This is exactly what we found in this study. EB children were also rated by parents as presenting more conduct problems (and learning disabilities), and as more hyperactive and impulsive. Moreover, parents' ratings of EB positively correlates with Conners teachers' evaluations, and we observed that EB children were also rated by teachers as presenting more conduct problems and as more hyperactive.

Secondly, as Roskam, Stiévenart, et al. (2011) also insist on the importance of multi-method evaluation, we expected that our two groups would not only differ on questionnaires but also in an observational paradigm, i.e., the UCG. Our analysis showed that EB children were indeed more agitated than TD children and presented less positive affects. We also observed a tendency in EB children to show more negative attitudes to the situation of frustration than TD children.

Third, as we know the link between EB and EF in preschoolers (Pauli-Pott & Becker, 2011; Schoemaker et al., 2013), we expected to observe differences on cognitive variables between the two groups, especially on inhibition capacities. Indeed, on the CHEXI questionnaire, EB children were rated by both parents and teachers as presenting lower inhibition capacities than TD children. Moreover, in objective tasks, they presented weaker performance for cognitive and motor inhibition. Concerning flexibility and working memory, the literature shows weaker correlations with EB (Pauli-Pott & Becker, 2011; Schoemaker et al., 2013). Consistent with this, our results showed that there was a tendency for the TD group to perform better on the flexibility task, while for working memory, we observed a weaker performance for the EB relative to the TD groups only on the block tapping test, which evaluates the visuospatial sketchpad of short term memory, but not on the two other tasks. Even if some research in school age children has shown that a central executive deficit may be characteristic of ADHD (Karatekin, 2004), our results are in line with authors suggesting that visuo-spatial working memory may be a sensitive measure for ADHD (R. Barnett et al., 2001; Westerberg, Hirvikoski, Forssberg, & Klingberg, 2004). Regarding attention, the two populations didn't differ on any of the two attention tasks, whether visual or auditory modality. This is surprising given the significant correlation found in the literature between attention capacities and EB (Pauli-Pott & Becker, 2011). One explanation could be that at this very young age, the predominant symptoms of EB reported by parents or even teachers are agitation and hyperactivity/impulsivity, as the children have difficulties sitting still, and that attentional symptoms are more symptomatic of the school-age period, as this is the phase during which children must stay focused to listen to the teacher, to instructions, etc. However, in this study, we observed that parents rated EB children as presenting more attention problems on the CBCL questionnaire. Another explanation could be related to the sensitivity of the tests used. Indeed, as both attention tasks were quite short (only three minutes each), perhaps this duration is insufficient to highlight attentional lapses. It is however important to note that we observed a greater RTV in the EB group than the TD group. One could possibly argue that RTV is therefore a more sensitive measure of attention lapses than the two attentional tasks. Future studies should use more sensitive attention tasks as the Attention Network Test (ANT)

(Rueda et al., 2004), which can also measure RTV, and take account of all attentional components.

Our fourth hypothesis concerned household chaos. The literature has shown correlations between family environment and the presence of EB (Corapci & Wachs, 2002; Farbiash et al., 2014). Our results confirmed these findings, since we found that families of EB children present more household chaos than families of TD children.

Finally, we investigated the temperament of each population. Research shows that it is mostly emotionality which is correlated with the emergence of EB (Schmitz et al., 1999). In this study, we found that emotionality significantly distinguished the two groups, but that the scales of soothability, activity and attention also showed significant differences. The only dimension which did not distinguish the two groups was sociability. The failure to find any difference at that level is surprising, as we know that EB children often have weaker social competences (Nader-Grosbois et al., 2013). One explanation could be that, as CCTI is a questionnaire relating to temperament, the sociability scale items from CCTI (e.g., "my child is friendly with strangers", "my child has a tendency to be shy") refer more to extraversion than social competences per se. In this case, our results would be in line with the research of Meunier et al. (2012), who showed that extraversion was not related to child EB.

In this study, we thus show that EB children have certain specificities, not only in the behavioral sphere, but also in the cognitive and environmental areas. Our discriminant analysis also highlighted that temperament, household chaos, RTV and inhibition capacities were the best predictors of EB. Given these results, we believe that it could be interesting to consider those aspects in future clinical studies. However, none of these factors by iteself could be taken as a diagnostic criterion of EB. This was illustrated with inhibition measures. Research, including this one, has shown the link between inhibition and EB (Pauli-Pott & Becker, 2011; Roskam, Meunier, Stievenart, et al., 2013; Schoemaker et al., 2013) and our discriminant analysis showed that inhibition significantly contributed to explain some part of the inter-group variance. However, only 47% of the EB children failed in one inhibition task of more, which means that 53% of these EB children did not fail any task. This result is not surprising. Indeed, EB problems are very heterogeneous and different causes can lead to a EB profile. Inhibition is thus one of the many factors that should be considered in analyzing the profile of a EB child. Establishing this large profile would allow identifying the specific risk factors that the child is presenting and accordingly, to more precisely target the type of intervention needed. For instance, EB children who present inhibition impairments would probably benefit from neuropsychological interventions (see e.g., Volckaert & Noël, 2015), but other children presenting problems such as poor language or parenting, would need other types of interventions.

Although this research outlined a comprehensive profile of EB preschoolers which could be useful for clinical practice and intervention, several limitations need to be noted. First, our sample was small, although the two samples were very neatly matched in terms of

chronological age and gender, and did not differ in terms of family income, level of education of the parents or the child's IQ. Moreover, our baseline was very complete, allowing us to investigate a large panel of variables. Second, it would have been interesting to add a measure of "hot" EF to our baseline. In line with the Dual Pathway Model of ADHD from Sonuga-Barke (2002), Zelazo and Müller (2002) proposed a model that distinguishes "hot" EF and "cold" EF: "hot" EF refers to the affective aspects of EF, related to decision making which leads to an emotional consequence such as gain or loss, and mostly involving the orbitofrontal area of the prefrontal cortex, whereas "cold" EF refers to cognitive EF which does not involve emotional arousal, is induced by abstract or decontextualized problems and mostly involving the dorsolateral area of the prefrontal cortex. Although these authors defend the idea of a deficit of cold EF in ADHD, others argue for an impairment of hot EF (Garon, Moore, & Waschbusch, 2006), so it would have been interesting to study the hot EF capacities in EB preschoolers.

Concerning chaos, it would have been useful to have a measure that allowed us to highlight which part of the family environment might be responsible for the chaos. Measures like HOME (Bradley & Caldwell, 1977) allow this kind of analysis by using several scales of family chaos (e.g., learning opportunities, physical environment, emotional climate) and could be used in future studies.

In summary, we found that EB children differ from TD children, not only in the behavioral sphere, but also in the cognitive and environmental areas, and that these characteristics can already be observed in preschool age. However, despite the differences between the two groups, it seems that EF performances have a weak power for EB diagnosis and that variables such as temperament or even household chaos best distinguish the two populations.

PARTIE III

DISCUSSION GENERALE

Chapitre 6

Discussion générale

« L'important n'est pas de convaincre mais de donner à réfléchir »
Bernard Werber

Ce travail doctoral avait pour objectif de mieux appréhender les relations entre fonctions exécutives et troubles externalisés du comportement chez le jeune enfant d'âge préscolaire. Ce dernier chapitre clôture ce travail de recherche. Nous ferons le point sur les résultats de nos différentes recherches, en rappelant les effets bénéfiques de notre prise en charge, mais en pointant également quelques limitations. Nous tenterons également de dégager des pistes qui s'avèreraient utiles lors de futures recherches.

Discussion générale

1. Introduction

Cette thèse de doctorat s'inscrit dans un programme de recherche de plus grande ampleur, le programme de recherche « H2M Children », qui a débuté à l'UCL en 2004 dans l'espoir de pouvoir répondre à un grand nombre de professionnels et de parents d'enfants présentant des TEC, étant donné le nombre toujours croissant de consultations dans le cadre de troubles du comportement chez le jeune enfant. Pour rappel, la première phase avait pour but de mettre en évidence les différents facteurs de risque jouant un rôle déterminant dans l'émergence des TEC. Cette première phase a permis de dégager des pratiques éducatives dysfonctionnelles chez les parents d'enfants TEC, des problèmes liés à l'attachement, et au niveau de l'enfant TEC lui-même des difficultés d'inhibition, de langage, et de nature socio-émotionnelle (Roskam, Meunier, Stievenart, et al., 2013).

La deuxième phase de ce programme de recherche, dans laquelle ce présent travail s'inscrit, avait pour objectif de tester le lien causal entre les TEC d'une part, et chacun des facteurs de risque d'autre part, en explorant dans quelle mesure il était possible d'agir sur ces divers facteurs de risque dès le plus jeune âge, par la mise en place d'intervention précoce. En effet, dans la pratique, un diagnostic est rarement posé avant l'âge de 6 ans, or les parents éprouvent des difficultés depuis parfois plusieurs années et leurs enfants démontrent des déficits dans plusieurs domaines. Les parents doivent gérer les difficultés comportementales de leur enfant et se sentent souvent fort démunis face à l'absence de prise en charge dès le plus jeune âge. Bien que les études sur le sujet commencent à se multiplier, plus rares sont les interventions prenant en charge des enfants d'âge préscolaire.

Dans le cadre de cette thèse plus précisément, nous voulions tester l'éventuelle relation causale entre le fonctionnement exécutif de l'enfant et les TEC. En particulier, nous nous sommes intéressés aux capacités d'inhibition puisqu'il s'avère que ce serait cette fonction exécutive précise qui serait le plus en lien avec les TEC (voir à ce sujet les méta-analyses de Pauli-Pott & Becker, 2011; Schoemaker et al., 2013). Nous avons cependant constaté que de manière générale, toutes ces études étaient de nature corrélationnelle. Le caractère innovant de nos recherches réside dans le fait que nous avons voulu aller au-delà de cet aspect corrélationnel. En effet, notre objectif était d'observer l'effet de la manipulation de l'inhibition sur les TEC. Pour ce faire, nous avons mis en place une prise en charge neuropsychologique centrée sur l'inhibition et nous avons observé si celle-ci pouvait amener, chez des enfants d'âge préscolaire, à une amélioration des fonctions exécutives (inhibition, attention, mémoire de travail et flexibilité) mais pouvait également avoir un impact positif sur les comportements externalisés, soit une diminution de l'agitation ou encore de l'agressivité.

Bien qu'il existe actuellement certaines études ayant mis en place des prises en charge ciblant le jeune enfant (*cf.* Chapitre 2), nous avons pu constater qu'aucune d'entre elles ne

ciblaient qu'une FE unique, et qu'elles combinaient également des approches centrées sur l'enfant et sur les parents via l'accompagnement de ces derniers. Il est donc difficile dans ces conditions d'isoler la variable qui serait réellement responsable d'une amélioration ou non des TEC. En outre, la présence d'un groupe contrôle faisait parfois défaut, rendant dès lors difficile l'exclusion d'une éventuelle maturation spontanée. Nous avons donc ciblé notre prise en charge exclusivement sur l'inhibition, et tenu compte des performances d'un groupe contrôle. Plus important encore, nous avons évalué les TEC d'une part par des questionnaires remplis par les parents et les enseignants, mais également grâce à un paradigme d'observation : l'UCG (Roskam et al., in press). Obtenir des informations quant au comportement à l'aide d'une mesure objective nous semblait en effet primordial, puisque nous connaissons l'importance d'une démarche multi-méthodes et multi-informateurs dans le cadre de l'évaluation des TEC (Roskam, Meunier, & Stiévenart, 2013).

Nous avons dans un premier temps testé cette prise en charge dans une population d'enfants tout-venant (Chapitre 3) et ensuite dans une population d'enfants présentant effectivement des TEC (Chapitre 4). Enfin, nous avons tenté dans le Chapitre 5 de dégager un profil cognitif, comportemental et environnemental des enfants présentant des TEC. Dans les pages qui suivront, nous discuterons les résultats obtenus lors de ces différentes études expérimentales, nous nous pencherons sur les limites de ces dernières, et tenterons de dégager des pistes de recherches futures.

2. Synthèses et interprétations des résultats obtenus dans nos recherches expérimentales

Nous ne repasserons que très succinctement sur l'ensemble des résultats obtenus lors de nos deux recherches expérimentales, étant donné que la comparaison de ces deux études a déjà été détaillée lors du Chapitre 4. Néanmoins, nous voulions revenir sur certains points.

Il est important de rappeler que les problèmes de type TEC se situent sur un continuum de fréquence et d'intensité, allant du normal au pathologique. Un certain niveau de TEC peut en effet être considéré comme normal chez le très jeune enfant. Il nous semblait dès lors important de tester lors de nos recherches l'efficacité de notre intervention tant dans une population tout-venant que clinique, ce qui nous permettait de tester notre prise en charge sur différents niveaux du continuum des TEC.

Nous avons vu que les résultats ne sont pas identiques dans les deux populations. En effet, dans la population tout-venant, notre intervention tendait à avoir un effet bénéfique sur les capacités d'inhibition. Cet effet est en réalité significatif chez les enfants ayant débuté la prise en charge avec un niveau d'inhibition plus faible. Cela était encourageant sachant que les enfants TEC présentent le risque d'avoir des difficultés d'inhibition et nous faisions l'hypothèse que cette prise en charge aurait des effets encore plus importants dans cette dernière population. Ce n'est malheureusement pas ce que nous avons observé dans la population TEC. En effet, aucun effet significatif n'a été mis en évidence pour l'inhibition. Cependant, nous avons à nouveau mis en évidence le fait que dans cette population

clinique, les enfants ayant débuté avec un niveau plus faible d'inhibition bénéficiaient significativement de la prise en charge. Notre explication est que, bien que les difficultés d'inhibition soient un facteur de risque pour le développement des TEC, tous les enfants TEC ne présentent pas pour autant des difficultés d'inhibition (mais probablement alors un des autres facteurs de risque développés dans le Chapitre 1). Comme notre recrutement s'est fait sur base de la présence ou non de TEC, et non sur le niveau d'inhibition, il est possible que tous les sujets de notre échantillon ne présentaient en réalité pas vraiment de difficultés à ce niveau mais plutôt à celui d'un des autres facteurs de risque. Nos résultats restent néanmoins encourageants et laissent à penser que nous pourrions attendre un effet bénéfique de cette intervention sur les capacités d'inhibition dans une population TEC dont les difficultés principales se situeraient à ce niveau.

Ensuite, nous avions voulu évaluer le transfert des améliorations aux autres FE. Chez les tout-venant, nous avons vu au sein de notre groupe expérimental un effet de l'intervention sur d'autres FE, à savoir la mémoire de travail et l'attention. Pour des raisons qui restent encore actuellement difficiles à expliquer, c'est l'inverse qui a été observé dans la population clinique. En effet, dans ce deuxième cas, le groupe contrôle a vu ses capacités s'améliorer, alors que ce n'était pas le cas du groupe ayant reçu l'intervention (à noter qu'ils ne se sont cependant pas dégradés). Diverses explications sont possibles quant à cette amélioration du groupe contrôle. D'une part, rappelons que pour ce qui est de l'attention, le groupe contrôle démarrait avec des performances significativement moins bonnes que le groupe expérimental, ce qui leur laissait une marge d'amélioration plus importante. D'autre part, et cela concerne également la mémoire de travail cette fois, ce résultat pourrait être lié au problème de « pureté » des tâches mesurant les FE. Effectivement, aucune tâche exécutive ne peut être totalement « pure », impliquant toujours des processus non-exécutifs mais également d'autres FE. Il se pourrait par exemple que le groupe contrôle ait vu ses performances s'améliorer en raison du développement spontané de l'enfant, mais que le groupe expérimental montre une stagnation des performances alors qu'en réalité ils auraient pu faire mieux. Ces derniers se laissent-ils plus facilement « aller », se sont-ils lassés d'être pris en charge, les menant dès lors à une baisse attentionnelle engendrant une baisse des performances dans certaines tâches exécutives ?

Toujours dans la population clinique, les enfants du groupe contrôle qui ont un plus faible niveau d'inhibition au départ ne sont en réalité pas ceux qui présentent un effet test-retest le plus important. En effet, l'ANOVA à mesures répétées sur le groupe contrôle, avec le temps en facteur intra-sujet et le niveau d'inhibition au pré-test (défini comme étant faible ou élevé sur base de la médiane du groupe) en facteur inter-sujets ne met aucune interaction en évidence ni pour le facteur « attention » ($F(1,13)= 1.237$, $p = .286$), ni pour le facteur « mémoire de travail » ($F(1,13)= .059$, $p = .812$). Cela ne plaide donc pas en faveur de l'aspect développemental. Peut-être ont-ils été plus stimulés à la maison pendant le temps d'attente de 8 semaines alors que les autres parents du groupe expérimental se seraient « reposés » sur le fait que la prise en charge suffirait. Nous voyons là toute la difficulté de mener une recherche purement clinique, avec son lot de variables difficilement contrôlables. Il est en effet difficile de contrôler ce qui se passe à domicile. En ce qui

concerne les sujets expérimentaux, peut-être se dégradent-ils en raison d'une certaine lassitude des jeux mais également en raison du fait qu'ils nous connaissent et testent donc plus les limites ? Cela expliquerait le manque d'amélioration dans les tests cognitifs malgré une amélioration significative des TEC selon les parents mais également à l'UGC.

Si on revient au transfert des acquis aux autres FE, rappelons qu'aucun effet n'a par contre été observé en ce qui concerne la flexibilité, et ce dans nos deux populations. Lors du Chapitre 5, nous avons également vu que les capacités de flexibilité ne permettaient que marginalement de discriminer les deux groupes (TEC ou tout-venant), ce qui va dans le sens des résultats obtenus par la majorité des études traitant du même sujet (Pauli-Pott & Becker, 2011). Il semblerait bien que le lien entre flexibilité et TEC soit encore faible à cet âge et il est fort probable que nous puissions donner une explication d'ordre développementale, puisque nous savons que la flexibilité est la FE qui se développe le plus tardivement. Une autre explication concernant le manque d'effet de notre prise en charge sur les capacités de flexibilité pourrait concerner la représentation des buts. En effet, nous avons vu précédemment que plus le but à atteindre dans une tâche de flexibilité est identifiable et transparent, plus les performances de l'enfant seront meilleures (Chevalier et al., 2014). Cependant, il est à noter que les tâches utilisées dans le cadre de cette thèse ne procurent pas réellement des indices facilement identifiables par l'enfant, et sont souvent arbitraires (par exemple lors de l'HTKS, la partie que nous avons ajoutée nécessite de changer de règle en fonction de la couleur du cerceau, il n'y a pas de réel lien avec la tâche à effectuer). Intégrer dans notre ligne de base des tâches de flexibilité fournissant des indices plus aisément identifiables par l'enfant afin de faciliter la représentation du but (ou également instaurer une autorépétition verbale pour ces tâches) aurait peut-être permis de tester de manière plus « pure » les capacités réelles de flexibilité et aurait peut-être permis de mettre plus facilement en évidence une éventuelle amélioration sur cette variable. Un autre piste aurait été de donner une information claire à l'enfant quant au caractère répété ou non des essais (par exemple congruent ou non) lors des tâches de flexibilité, comme suggéré par Chevalier, Wiebe, Huber et Espy (2011).

Bien que les résultats concernant les tests cognitifs dans la population TEC soient quelque peu surprenants, il est important de souligner que des changements au niveau cognitif ont été mis en exergue par les parents à travers le CHEXI. En effet, ceux-ci rapportaient une diminution des difficultés liées à la mémoire de travail, ainsi qu'une tendance à la diminution des difficultés liées à l'inhibition. Cela est donc très encourageant, d'autant plus que cette amélioration semble maintenue 4 mois après le post-test. Ces mêmes résultats étaient observés pour l'impulsivité évaluée à travers le Conners par les parents, avec à nouveau un maintien de l'amélioration au follow-up.

Concernant l'évaluation du comportement dans nos deux recherches expérimentales, nous avons vu que l'amélioration significative des TEC à travers les questionnaires parentaux n'était observée que dans la population clinique. Nous sommes en droit de penser que l'absence d'amélioration au sein de la population tout-venant est due à l'absence de plaintes de la part des parents dans cette population. Dans un souci de privilégier une méthode multi-informateur, nous avions pris le soin de faire remplir des questionnaires aux

enseignants également. Cela nous a permis de constater que, même si les parents des enfants tout-venant ne voyaient pas d'amélioration comportementale, les enseignants rapportaient tout de même chez ces mêmes enfants une amélioration au niveau des symptômes d'inattention, et on remarquait également une diminution des affects négatifs lors de l'UCG. En ce qui concerne les sujets du groupe expérimental dans la population TEC, nous avons vu à l'inverse, une amélioration, tant au niveau des questionnaires parentaux que dans l'UCG. Malheureusement, trop peu d'enseignants avaient accepté de remplir les questionnaires, et nous n'avions dès lors pas pu exploiter ces données. Nous avons également jugé l'implication ou non de chaque enfant pendant les séances. Cette évaluation a bien évidemment été faite sans connaitre l'évaluation des parents pour chaque enfant. Or, il est apparu que les enfants qui, selon nous, avaient été les plus impliqués lors des séances sont en réalité ceux qui ont été évalués en post-test plus positivement par les parents, et qui montraient une meilleure amélioration du comportement (échelle TEC du CBCL : $F(1,16) = 11.164$, $p = .004$, $\eta_p^2 = .411$).

Bien que nos résultats ne soient pas toujours ceux que l'on aurait pu attendre dans la population clinique, nous constatons néanmoins qu'ils ne diffèrent pas tant d'une étude plus récente de Tamm, Epstein, Peugh, Nakonezny et Hughes (2013). Les auteurs ont montré l'impact d'une prise en charge individuelle de l'attention à l'aide du programme *Pay Attention !* (Thomson et al., 1994) sur la sphère comportementale, chez 105 enfants diagnostiqués TDAH, âgés de 7 à 15 ans. Après avoir pris part au prétest, les enfants étaient aléatoirement alloués au groupe expérimental qui recevait deux séances de 30 minutes par semaine pendant 8 semaines, ou au groupe contrôle qui consistait en une waiting-list. Ce design se rapproche très fort de ce que nous avons entrepris chez les jeunes enfants TEC. Les parents étaient informés après chaque séance sur le contenu de l'entraînement afin de pouvoir compléter à domicile. Les auteurs ont mis en évidence une amélioration des performances du groupe expérimental en attention soutenue et sélective (épreuves de la TEA-Ch - Manly et al., 2001) après avoir reçu l'intervention. Aucune information n'est cependant fournie quant aux résultats du groupe contrôle aux épreuves attentionnelles. Aucun transfert aux autres épreuves cognitives n'a été mis en évidence, à l'exception du ratio « temps par mouvement » pour l'épreuve de la Tour de Londres. Concernant l'évaluation du fonctionnement exécutif à travers le questionnaire BRIEF (Gioia, 2000), on observe une dissociation entre les observations parentales et des enseignants. Les parents pointent chez les enfants du groupe expérimental une amélioration sur l'ensemble des échelles du questionnaire à l'exception de l'inhibition et de la régulation émotionnelle, alors que les enseignants ne mettent aucune amélioration en évidence. En ce qui concerne le comportement, les parents rapportent moins de symptômes d'inattention et d'impulsivité chez les enfants du groupe expérimental après l'intervention (SNAP-IV – Swanson et al. 1992 ; BASC-II – Reynolds et Kamphaus 1992), comparé aux enfants du groupe contrôle, mais cela n'est pas confirmé par les évaluations faites par les enseignants. Des cliniciens ont également évalué les enfants en pré- et post-test en ce qui concerne la sévérité des symptômes TDAH et montrent également une amélioration des enfants du groupe expérimental. Cette étude montre donc que, bien qu'une amélioration des capacités

attentionnelles soit éventuellement mise en évidence, le transfert aux autres FE ainsi que l'amélioration du comportement est difficilement observable.

De manière plus générale, une récente méta-analyse de Rapport, Orban, Kofler et Friedman (2013) a mesuré, à partir des résultats de 25 études, l'efficacité d'interventions dans le cadre du TDAH. Cette méta-analyse montre que les entrainements des FE mais également les entrainements attentionnels ne montrent qu'une efficacité limitée. En effet, les prises en charge de la mémoire de travail sont en général plutôt des entrainements en mémoire à court terme (systèmes esclaves uniquement), et les effets ne sont souvent limités qu'à cette dernière. En ce qui concerne les prises en charge de l'attention, les auteurs montrent que le bénéfice attentionnel est rarement obtenu. Les études reprises par les auteurs ne permettent également que rarement de mettre en évidence une amélioration au niveau des performances académiques, ou même au niveau du comportement. Il semble donc difficile encore actuellement de trouver une prise en charge ayant prouvé une grande efficacité.

Il est important de pointer dans notre étude chez les enfants TEC ce qui, en tant que clinicien, reste primordial : les parents sont contents et leur enfant va mieux ! En effet, notre intervention montre des résultats mitigés en ce qui concerne les variables cognitives, mais nous observons une belle amélioration en ce qui concerne l'évaluation parentale, qui est maintenue dans le temps puisque nous observons une stabilité de l'évaluation lors du follow-up, et qui est confirmée par notre mesure objective, à savoir notre paradigme d'observation « UCG ». Finalement, il semble évident que les évaluations parentales reflètent bien plus les difficultés exécutives au quotidien, que ne le font les tests purement cognitifs hautement structurés. Il n'est d'ailleurs pas rare de n'observer que de faibles corrélations entre les tâches exécutives et les questionnaires sur les FE/les activités de la vie quotidienne (Lawrence et al., 2004). Et c'est d'ailleurs ce que nous observons dans nos études expérimentales[1].

Le fait d'avoir mis en place au sein de ce programme de recherche le paradigme d'observation UCG a également été précieux pour appuyer de manière objective l'amélioration amenée par les parents après les interventions. Chez les parents de l'étude tout-venant, si nous n'avons pas observé d'amélioration dans les questionnaires, c'est plus que probablement en raison du fait que nous ne sommes pas dans une population pour laquelle il y avait des plaintes au départ, comme expliqué plus haut. Cependant, nous remarquons que les sujets expérimentaux qui avaient un haut niveau de TEC au CBCL rempli par les parents au départ (score plus élevé que 21 qui correspond au critère d'inclusion des sujets cliniques du Chapitre 4) montrent une diminution significative au post-test à ce même questionnaire (Test *t* pairé : $t(6) = 4.399$, $p = .005$) mais également à l'échelle des troubles des conduites du Conners version parent (Test *t* pairé : $t(6) = 2.931$, p

[1] Nous avions, lors de nos différentes études, calculé les corrélations entre d'une part l'échelle « inhibition » du CHEXI parent et le facteur inhibition calculé sur base des tâches cognitives, et d'autre part l'échelle « mémoire de travail » du CHEXI parent et le facteur mémoire de travail calculé également sur base des tâches cognitives. Dans tous les cas, peu importe la population, ces corrélations n'étaient pas significatives.

= .026). Ils présentent également une amélioration marginale en ce qui concerne l'évaluation parentale de l'impulsivité au Conners (Test *t* pairé : $t(6) = 2.287$, $p = .062$). C'est donc très encourageant.

Une autre manière de tester objectivement l'amélioration du comportement réside dans l'évaluation de l'agitation psychomotrice. En effet, bien qu'une certaine agitation psychomotrice soit considérée comme « normale » chez les jeunes enfants, nous savons que les enfants présentant des TEC montrent généralement une agitation plus importante, ayant souvent des répercussions négatives sur les apprentissages scolaires ou même sur les relations sociales (Achenbach, McConaughy, & Howell, 1987). Au sein de notre Institut de Psychologie, nous avons demandé à notre ingénieur de créer un actimètre, c'est-à-dire une mesure physiologique de l'agitation psychomotrice : le « Triaxial Accelerometry for Preschoolers » (Roskam et al., 2015, voir Annexe II pour l'article publié). Il s'agit d'un bracelet que l'enfant porte au poignet et qui mesure l'accélération du poignet de l'enfant sur trois axes orthogonaux. Le boitier du bracelet est ensuite connecté à l'ordinateur qui, grâce à un programme spécifique, permet de calculer différents scores d'agitation (moyenne et déviation standard, pic minimum et maximum d'agitation, pourcentage de temps passé dans la zone haute, médium ou basse d'agitation). La validation de cet outil a permis de montrer une forte corrélation entre cette mesure physiologique et l'évaluation parentale des TEC faite au travers du CBCL. Pour des raisons techniques, nous n'avons pu utiliser cet outil lors de l'étude chez les enfants présentant des TEC. Lors de l'étude chez les enfants tout-venant, nous avons par contre placé cet actimètre au poignet de chaque enfant lors de l'UCG, en pré et post-test, afin d'observer l'éventuelle agitation de l'enfant lors des tours perdants. Les résultats ne montrent pas de différence entre le pré- et le post-test, dans aucun des deux groupes (contrôle et expérimental). Cependant, cela pourrait s'expliquer par le fait que les enfants de cette étude, étant des sujets tout-venant, ne présentaient que peu d'agitation psychomotrice dès le départ. Il serait dès lors intéressant d'utiliser ce type de dispositif dans des recherches impliquant des populations cliniques, afin d'apporter une mesure objective supplémentaire, en complément des évaluations auto-rapportées par les parents et enseignants, d'autant plus lors de prises en charge d'enfants présentant des TEC (ou TDAH chez des enfants plus âgés qui auraient été diagnostiqués) lorsqu'une baisse d'agitation psychomotrice est attendue.

Dans le Chapitre 5, nous avons observé le profil des enfants TEC. Nous avons vu que les deux populations (tout-venant et TEC) différaient sur un certain nombre de variables cognitives. En effet, les enfants TEC présentent de moins bonnes performances en inhibition et en mémoire de travail (bien que dans une moindre mesure), ce qui concorde avec les données de la littérature. Même si les capacités attentionnelles ne semblaient pas différencier les deux groupes, nous avons vu que la variabilité des temps de réaction semblait être une mesure attentionnelle plus fine et permettait de différencier les groupes. L'analyse discriminante a par ailleurs montré que cette variable jouait un rôle dans l'appartenance au groupe, tout comme la variable environnementale du chaos familial.

Certaines caractéristiques du tempérament de l'enfant semblaient également discriminer nos deux groupes. En effet, un score reprenant les diverses échelles du CCTI semble avoir

un fort pouvoir discriminant. Cependant, nous pensons qu'il serait sage de rester prudent quant à des conclusions hâtives à ce sujet. En effet, lorsque nous regardons de plus près les items du CCTI, nous voyons qu'ils rejoignent fortement les items du CBCL qui nous a servi à créer nos groupes. Certains items du CCTI portent en effet sur des symptômes des TEC : « mon enfant s'énerve facilement », « mon enfant réagit intensément quand il est contrarié », « mon enfant est toujours en mouvement », « mon enfant se met à courir dès qu'il se lève le matin », « mon enfant tolère bien la frustration », etc. Dès lors, il semble évident que ce questionnaire soit discriminant. Doit-on pour autant affirmer que le tempérament de l'enfant soit à ce point déterminant ? La question reste ouverte.

3. Une prise en charge de l'inhibition : pour quel type d'enfant ?

Nous avons vu que notre intervention semblait apporter des bénéfices différents en fonction des populations. Nous nous sommes dès lors demandés si certaines caractéristiques propres à l'enfant pouvaient influencer l'impact de notre intervention d'une part sur les performances en inhibition, et d'autre part sur les principales mesures de TEC, à savoir l'échelle de TEC du CBCL évaluée par les parents et les affects négatifs à l'UCG.

Dans le but d'observer une éventuelle susceptibilité différentielle, nous avons observé dans un premier temps, auprès de nos deux groupes de sujets expérimentaux (population tout-venant et clinique utilisée dans le chapitre 4 puisque cela permet d'avoir un plus large échantillon du continuum des TEC ; n = 42), l'éventuelle influence de certains facteurs sur la progression au niveau de l'inhibition, puisque c'était le but premier de notre intervention et que nous avons une différence difficilement explicable entre nos deux populations.

Nous remarquons avant tout que l'âge semble avoir un effet, puisque nous mettons en évidence une corrélation significative entre l'âge de l'enfant exprimé en mois et sa progression au niveau du facteur « inhibition » (r = -.33). En effet, au plus l'enfant est jeune, au plus il progresse. Cela n'explique pas les raisons pour lesquelles notre population TEC n'a pas progressé au niveau de l'inhibition (ils avaient en moyenne le même âge que la population tout-venant), mais des analyses complémentaires uniquement sur les sujets expérimentaux TEC montrent que les enfants TEC les plus jeunes ont amélioré significativement leurs performances (Test t pairé : $t(9)$ = -2.414 ; p = .039), ce qui n'est pas le cas des plus âgés (Test t pairé : $t(6)$ = -.795 ; p = .457). Nous pouvons nous demander si les exercices n'étaient peut-être trop faciles pour les enfants plus âgés.

Nous avons en outre remarqué que les capacités d'inhibition, de flexibilité et de mémoire de travail jouent un rôle dans l'amélioration au niveau de ce même facteur « inhibition » (corrélations significatives de respectivement -.66, -.37 et -.26). Comme observé auparavant, nous voyons que les enfants qui démarrent avec certaines difficultés cognitives, c'est-à-dire des difficultés de mémoire de travail, d'attention ou d'inhibition, ont plus de chance de s'améliorer suite à l'intervention.

Dans un deuxième temps, nous avons observé les corrélations entre la progression du niveau de TEC au CBCL entre le pré- et le post-test (pour ce faire nous avons soustrait le score au post-test du score au pré-test et nous attendons donc à ce que dans l'idéal il soit le élevé possible puisqu'une amélioration au CBCL signifie que le score a baissé) et les variables démographiques/comportementales et cognitives d'autres part.

En ce qui concerne les variables démographiques (niveau de chaos au prétest, revenus du ménage, niveau de formation des parents, âge chronologique), aucune ne corrèle avec la progression au CBCL[2]. Il n'y a pas non plus d'effet différencé du sexe. L'ANOVA réalisée avec la progression au CBCL en variable dépendante, le sexe en variable inter-sujet et le niveau de TEC au CBCL au pré-test en covariate[3] ne montre aucun effet du sexe ($F(1) = .019$; $p = .891$).

En ce qui concerne le comportement, nous observons sans grande surprise une corrélation entre la progression au CBCL et l'évaluation des TEC par les parents au pré-test toujours au CBCL ($r = .60$), ainsi qu'avec l'évaluation parentale de l'impulsivité au pré-test grâce au Conners ($r = .32$) ou encore les symptômes d'une grande activité au CCTI ($r = .35$). De plus, l'agitation et les affects négatifs à l'UCG au pré-test jouent également un rôle (corrélation significative de .40 pour les deux variables). Ainsi, au plus l'enfant présenterait de difficultés de type TEC au départ (impulsivité, agitation ou affects négatifs), au plus le bénéfice de l'intervention sur le plan comportemental est grand.

Nous n'avons par contre pu mettre en évidence aucune corrélation avec d'éventuelles performances cognitives au départ.

Dans un troisième temps, nous avons constaté le même type de corrélation entre d'une part la progression à l'UCG en ce qui concerne les affects négatifs, et l'ensemble des variables comportementales et cognitives. A nouveau, si aucune variable cognitive ne semble pouvoir donner d'information quant à la diminution éventuelle d'affects négatifs, nous observons des corrélations significatives avec l'activité au CCTI ($r = .33$) et l'impulsivité au Conners ($r = .34$). A nouveau, au plus l'enfant présente des symptômes liés aux TEC de type hyperactivité ou impulsivité, au plus il a de la chance de bénéficier de l'intervention en voyant diminuer les affects négatifs à l'UCG.

Bien que ces résultats soient intéressants, ils ne sont cependant pas surprenants, puisque nous avons en effet constaté dans nos études expérimentales que les enfants TEC montraient une plus grande amélioration au CBCL et à l'UCG.

L'ensemble de ces analyses plaide en faveur d'une certaine susceptibilité différentielle, dont il faudrait pouvoir tenir compte dans la pratique clinique, et qui permet, au moins en

[2] Niveau de chaos au prétest : $r = .21$ (n.s.)
Revenus du ménage : $r = .15$ (n.s.)
Niveau de formation de la mère : $r = .12$ (n.s.)
Niveau de formation du père: $r = -.13$ (n.s.)
Age chronologique : $r = -.06$ (n.s.)

[3] Nous avons mis cette variable en covariate car nous observons que les garçons présentaient significativement plus de TEC au départ ($t(40) = -2.467$; $p = .018$).

partie, de comprendre certains de nos résultats. En effet, la prise en charge ciblant l'inhibition que nous avons mise en place semble premièrement être plus bénéfique pour les jeunes enfants, probablement pour des raisons développementales. Ensuite, au plus les enfants présentent des caractéristiques comportementales et cognitives se rapprochant des symptômes observés chez les enfants TEC (agitation, impulsivité, déficits au niveau des FE, etc.), au plus ils semblent tirer profit de cette intervention. Il semble donc qu'un certain profil d'enfants susceptibles de bénéficier au mieux de cette prise en charge pourrait se dégager.

4. Effet différencié de l'entrainement de l'inhibition ou du renforcement motivationnel ?

Concernant le contenu de nos séances d'intervention, certains auraient pu nous reprocher de ne pas pouvoir isoler les effets des feedbacks fournis en séances versus le travail centré sur les capacités d'inhibition. En effet, alors que les groupes contrôles de chacune de nos deux études ne bénéficiaient d'aucun retour sur leurs performances, nos groupes expérimentaux recevaient un feedback lors des 16 séances d'intervention. Ce feedback consistait en un retour oral sur leurs prestations lors des différents exercices/jeux et permettait à l'enfant de prendre conscience de ses difficultés mais également des moments où il parvenait par exemple à « bien faire travailler son petit gendarme ». Mais comment savoir dès lors quelle part du feedback ou du travail de l'inhibition a joué le plus grand rôle dans l'amélioration des capacités cognitives et du comportement ?

De nombreuses théories existent concernant les mécanismes sous-tendant les symptômes présents dans le TDAH chez les enfants d'âge scolaire. Certains mettent à l'avant-plan un déficit purement exécutif (comme par exemple Barkley, 1997b), alors que d'autres font l'hypothèse d'un déficit plutôt motivationnel (comme Sonuga-Barke, 2005). Dans ce dernier cas, les difficultés d'inhibition ne seraient alors plus considérées comme le déficit « primaire ». Les enfants devraient alors pouvoir retirer un bénéfice de système de renforcement (positif ou négatif). Cela devrait aider à activer les mécanismes inhibiteurs. Bien que les données de certains auteurs comme Oosterlaan et Sergeant (1998) vont à l'encontre de l'explication motivationnelle pour le déficit d'inhibition chez les enfants TDAH, d'autres ont tout de même voulu tester l'efficacité de techniques de renforcement, principalement sur les capacités d'inhibition. En 2000, Konrad, Gauggel, Manz et Schöll observent le déficit motivationnel chez 94 enfants entre 8 et 12 ans (31 enfants ADHD, 37 enfants ayant présenté un traumatisme crânien modéré à sévère et 26 enfants contrôles). Les sujets ont réalisé une tâche de type Stop Signal à deux reprises, à quatre jours d'intervalle. La première fois, aucun feedback n'était fourni. Lors de la deuxième passation, un tiers des sujets de chaque groupe repassait exactement la même épreuve (ce qui permettait d'observer l'effet d'un simple test-retest), alors que les autres réalisaient une version « avec renforcement » (l'enfant gagnait un crédit à chaque bonne réponse, symbolisé par un smiley, et aucun feedback négatif n'est donné en cas de mauvaise réponse). Les résultats montrent un effet significatif du renforcement dans les trois populations, et cet effet n'est pas uniquement dû à un effet test-retest. Stevens et al. (2002) confirment également que le

renforcement est bénéfique à tous les sujets (contrôles et ADHD), ils n'observent pas d'effet différentiel du renforcement dans les deux groupes. En 2005, Michel, Kerns et Mateer se sont également penchés sur l'effet de trois types de renforcement (pas de renforcement ; renforcement immédiat ; renforcement différé) sur les capacités d'inhibition de 20 enfants ADHD entre 7 et 12 ans à travers une épreuve de Stop Signal (Fire Fighter Game). Dans les conditions avec renforcement, les sujets gagnaient 15 cents pour toute bonne réponse, et perdaient 15 cents pour tout essai stop non inhibé. Les résultats ne permettaient cependant pas de montrer un avantage particulier de l'un ou l'autre délai pour le renforcement. Les enfants ADHD avaient de meilleures performances lors des conditions avec renforcement, tout comme les contrôles.

Nous voyons donc que diverses études ont observé l'effet d'un renforcement chez les enfants d'âge scolaire (pour une revue, voir Luman, Oosterlaan et Sergeant, 2005) même si d'autres ne sont pas arrivés aux mêmes conclusions (C. L. Carlson & Tamm, 2000; McInerney & Kerns, 2003; Scheres, Oosterlaan, & Sergeant, 2001). Cependant, aucune étude ne s'est attardée, à notre connaissance, sur la population préscolaire. Une étude exploratoire que nous avions menée en début de cursus doctoral, mais non détaillée dans ce présent ouvrage, a abordé ce sujet.

Dans cette étude préliminaire, nous avions voulu observer si un renforcement positif pouvait déjà avoir un impact sur les FE et le contrôle du comportement chez de jeunes enfants tout-venant d'âge préscolaire. Cette étude consistait en une intervention unique en laboratoire. L'originalité de cette recherche reposait sur le fait que nous avions tenté non seulement de voir si les performances dans des tâches exécutives pouvaient être améliorées par une courte séance de stimulation en laboratoire mais également de voir si ces changements pouvaient avoir un impact sur le contrôle du comportement chez des enfants tout-venant. Nous avions examiné si un renforcement positif lors d'une séance unique en laboratoire pouvait avoir un impact sur les capacités d'inhibition lors du post-test, mais également sur le contrôle du comportement lors de l'UCG.

Soixante-huit enfants tout-venant (42 garçons, 26 filles ; moyenne d'âge = 68.29, ET = 3.4) étaient recrutés dans les classes de troisième maternelle de trois écoles francophones de Wallonie (à Waterloo, Baisy-Thy et Louvain-la-Neuve). Une lettre expliquant notre projet de recherche était déposée dans les cartables des enfants. Les parents ayant accepté que leur enfant participe à l'étude remplissait un formulaire de consentement éclairé. Les enfants étaient ensuite vus à l'école. Les sujets étaient répartis entre le groupe contrôle et expérimental de manière pseudo-aléatoire (en fonction du sexe, de l'école, de l'âge et de la latéralité). Dans la condition expérimentale, les enfants étaient soumis à une tâche d'inhibition de type Stop Signal. Cette tâche étaient inspirée de Michel, Kerns et Mateer (2005) dans laquelle l'enfant voyait apparaitre au centre de l'écran l'image d'un gyrophare qui clignotait pendant 500 ms. Juste après apparaissait, pendant 1000 ms, une maison en feu ou d'une voiture en feu. Il était expliqué à l'enfant que lorsqu'il voyait la maison ou la voiture en feu, il devait alerter le plus vite possible les pompiers, en appuyant sur la barre d'espace de l'ordinateur (essais GO). Il était également expliqué à l'enfant que dans un certain nombre de cas, une explosion retentissait (son d'une explosion d'une durée 1000

ms, appelé stop signal, qui retentissait à travers le microphone de l'ordinateur). Dans ce cas-là, il ne devait surtout pas appeler les pompiers car cela était trop dangereux pour eux. Il devait donc inhiber sa réponse (essais STOP). L'expérimentateur insistait sur le fait que, peu importe le type d'essai, l'enfant devait répondre le plus vite possible et ne devait pas attendre de voir si l'explosion surgissait avant de répondre. Un feedback positif (visuel et auditif, sous forme de personnage qui dit « bravo », « super », « génial ») leur était fourni après chaque bonne réponse, mais également en fin d'exercice. Aucun feedback n'était fourni en cas de mauvaise réponse ou d'omission. Dans la condition contrôle, le même exercice était proposé mais sans aucun feedback. Chaque enfant réalisait en pré- et post-test une tâche d'incompatibilité spatiale. Les comportements externalisés étaient également observés, en invitant les enfants à jouer à l'UCG. Les deux groupes étaient bien équilibrés au départ concernant leurs performances d'inhibition. Les résultats de l'ANOVA à mesures répétées n'ont mis en évidence aucun effet significatif de cette courte séance (tous les $F < 1$), ni au niveau de l'inhibition, ni au niveau comportemental.

Cette étude nous a permis de confirmer qu'une séance unique chez l'enfant ne peut suffire pour observer une potentielle amélioration comportementale, raison pour laquelle nous avons créé ensuite notre intervention de 16 séances. Mais ces résultats nous permettent surtout de confirmer que les améliorations observées suite à notre intervention à moyen terme utilisée lors de nos deux études expérimentales et développée dans nos chapitres 3 et 4 seraient bel et bien attribuables au travail centré sur l'inhibition, et non au feedback donné lors des séances. A noté que nous avons porté attention lors de nos séances à la transversalité de nos feedback : ceux-ci étaient de même type à travers les différents exercices/jeux de notre intervention et à travers les séances. Ces feedbacks étaient les plus rapprochés possible du comportement à renforcer. En effet, plus un feedback positif est proche de la conduite plus il est efficace, plus il est éloigné plus on ne sait pas ce qu'il renforce, on ne peut donc assurer que l'enfant se souvienne de la bonne conduite. Si l'enfant a émis d'autres conduites après, il est alors difficile de savoir avec certitude ce que l'on renforce. Enfin, nous évitions les feedbacks négatifs lors des séances d'intervention.

5. Considérations méthodologiques

Cette section porte l'intitulé de « considérations méthodologiques » plutôt que de « limites de nos études », et cela est un choix personnel. En effet, il est évident que chaque étude scientifique, comporte des limites, méthodologiques ou conceptuelles, et les nôtres ne font bien évidemment pas exception. Dans le cas précis de nos recherches sur les TEC, il me semblait que parler de limites insistait fortement sur l'aspect négatif des choses. Bien sûr certaines choses auraient pu être faites autrement, et il y aura encore du chemin à parcourir, mais cela découle principalement de nos choix méthodologiques. Et lorsque l'on se lance dans une recherche clinique comme celle d'H2M chez de si jeunes enfants, certains choix s'imposent à nous. Nous les détaillerons dans les différentes sections ci-dessous.

Il semble avant tout évident de rappeler que la clé de la réussite d'une prise en charge des TEC réside en réalité avant tout dans l'évaluation préalable qui en est faite car nous

avons vu que les TEC sont associés à divers facteurs de risque, tantôt liés aux parents, tantôt à l'enfant. On peut facilement imaginer que l'intervention dans le cadre des TEC ne sera pas la même en fonction de l'étiologie des troubles, souvent multifactorielle donc. D'où l'importance de la notion d' « arbre décisionnel » en ce qui concerne l'aspect clinique : lorsqu'un patient arrive en consultation pour TEC, comment connaitre l'intervention qui lui correspondra le mieux ? Serait-ce la nôtre ? Pas nécessairement… Peut-être que pour certains une intervention centrée sur un autre des facteurs de risque aurait été plus bénéfique. Peut-être qu'une combinaison d'interventions serait nécessaire…Dans le cas précis de notre recherche, on comprendra aisément que nous ne pouvions nous permettre de « trier les enfants sur le volet », pour des raisons éthiques, mais également en raison des difficultés de recrutement. En effet, le recrutement des sujets s'est fait de manière synchronisée avec les trois autres équipes de recherche (qui mettaient en place les interventions en cognition sociale, communication parent-enfant et sentiment de compétence parental). Si chaque équipe avait dû attendre d'avoir des familles dont l'enfant TEC présentait des difficultés sur sa variable cible, nous ne serions probablement jamais arrivés au bout du recrutement. D'autre part, avoir des échantillons hétérogènes étaient nécessaires dans le but de pouvoir comparer ensuite les résultats des quatre interventions. Nous avons donc sélectionné les enfants sans connaitre leurs difficultés au départ, et donc sans se baser sur leurs éventuels déficits d'inhibition. Nous avons cependant vu dans nos résultats que les enfants ayant un plus faible niveau d'inhibition au départ semblaient davantage bénéficier de notre intervention. Dans la pratique clinique, il semble donc évident qu'une observation minutieuse des difficultés spécifiques de l'enfant soit nécessaire afin d'adapter au mieux l'orientation en termes de prise en charge.

5.1 Nature du groupe contrôle

Lorsque nous mettons en place ce type de prise en charge, nous sommes constamment confrontés à certaines réalités de terrain. En effet, alors que certaines études prônent l'utilisation d'un groupe contrôle actif, d'autres penchent pour un système de liste d'attente. Le premier cas de figure comporte l'avantage de pouvoir contrôler si les éventuels effets de l'intervention ne pourraient pas être attribuables au simple fait d'être pris en charge, ce qui permet de contrôler l'aspect « sympathie pour l'intervenant », mais avec le risque que les activités proposées travaillent cependant d'une manière ou d'une autre les FE (nous savons à quel point il est difficile de trouver des tâches ne mettant aucune FE en jeu). En outre, proposer une intervention contrôle engendre un travail colossal (16 séances à créer et à proposer aux différents groupes), d'autant plus que nos sujets contrôles recevaient d'emblée une intervention après le délai d'attente de 8 semaines. Demander aux parents de venir pour une première intervention contrôle comportant également 16 séances était donc difficilement imaginable, cela aurait été extrêmement long pour les familles et nous aurions augmenté le risque de mortalité expérimentale alors que dans le cas de notre étude la très grande majorité des sujets a été jusqu'au bout de l'intervention. D'un autre côté, le système de liste d'attente permet de s'assurer qu'aucune FE n'est entrainée (bien que si on considère le type d'activités éventuellement faites à domicile cela reste difficile à confirmer), mais alors c'est l'aspect « sympathie pour l'intervenant » qui ne peut être contrôlé. Nous voyons

donc que les choses ne sont pas si simples et qu'une solution optimale semble difficile à trouver.

Enfin, la question se pose de savoir qu'est-ce qui a été le plus efficace dans notre prise en charge : les exercices d'inhibition ou les outils de la métacognition ? Actuellement, nous ne pouvons pas répondre à cette question. Des recherches supplémentaires pourraient inclure une condition suppléméntaire dans laquelle les enfants recevraient les mêmes jeux d'inhibition mais sans inclure de dimension métacognitive (nous n'aurions alors pas utilisé les trois personnages).

5.2 Choix des outils

Lorsqu'on se retrouve face au choix de plusieurs tâches pour évaluer les FE chez les enfants d'âge préscolaire, un problème s'impose d'emblée. Non seulement peu de tâches existent dans la littérature pour cette tranche d'âge, mais surtout les enfants entre 3 et 6 ans ne disposent pas des mêmes capacités non-exécutives qui sont pourtant souvent nécessaires lors d'évaluations cognitives : certains pourront se concentrer sur une plus longue période que d'autres, ils ne présentent pas tous les mêmes compétences linguistiques, et possèdent rarement le même bagage de connaissances générales. Il faut donc créer des tâches qui minimisent la complexité des réponses verbales ou manuelles et les règles à apprendre (Wiebe et al., 2011). Les tâches doivent être construites de telle manière à ce qu'elles contiennent les concepts basiques que chaque enfant, ayant un bagage différent, puisse maitriser à son âge. Dans notre cas, nous avons sélectionné soigneusement nos tâches en prêtant attention à ces divers critères. Nous avons également pris le soin de choisir des épreuves évaluant les différentes FE dans les diverses modalités : visuelle ou auditive pour l'attention, motrice/comportementale ou cognitive/verbale pour l'inhibition. Enfin, nous avons tenté, autant que possible, de sélectionner des tâches qui ne se rapprocheraient pas trop des jeux utilisés en séance de rééducation, afin d'assurer au mieux la distinction entre matériel de testing et matériel d'intervention.

Dans le premier chapitre de cette thèse, nous avons abordé le fait que, bien que les FE froides soient le plus souvent mentionnées dans le cadre du lien entre FE et TEC, les FE chaudes jouent également un rôle, principalement les dimensions « aversion des délais » ou « résistance à la tentation ». En effet, différents auteurs ont montré que des enfants d'âge préscolaire présentant des TEC montraient des difficultés significatives dans des tâches évaluant ces deux dimensions (Campbell, Pierce, March, Ewing, & Szumowski, 1994; Dalen et al., 2004). Plus encore, il semblerait que les FE chaudes seraient davantage liées aux symptômes de type « impulsivité/hyperactivité », qui caractérisent fortement les populations d'enfants TEC. On pourrait dès lors s'interroger sur le fait que nos lignes de base ne comportaient pas de telles tâches.

En réalité, nous avions intégré lors de l'étude sur la population tout-venant une épreuve évaluant l'aversion des délais. Lors de cette épreuve, l'enfant était installé dans une pièce, assis à une table, et un chips lui était proposé. Il pouvait le manger immédiatement. L'expérimentateur lui disait ensuite : « *Je vais te donner un deuxième chips, on va le laisser*

sur la table devant toi, et je voudrais que tu le regardes bien sans le toucher. Il ne faut pas regarder ailleurs. Tu peux le manger tout de suite si tu veux, mais si tu arrives à attendre jusqu'à ce que je revienne, tu en auras 3 au lieu de 1. Si tu n'arrives vraiment pas à attendre alors tu le manges et tu m'appelles mais tu n'en auras pas d'autres en plus. Tu as compris ? ». L'expérimentateur lançait alors la webcam et le chronomètre, et l'enfant était laissé seul dans la pièce pour une durée de 15 minutes. Bien que ce délai puisse sembler extrêmement long pour des enfants de cet âge, c'est ce qui est généralement utilisé dans la littérature chez les enfants de cet âge (Mischel & Ebbesen, 1970; Neubauer, Gawrilow, & Hasselhorn, 2012). L'expérimentateur se trouvait en réalité derrière la porte et visionnait le comportement de l'enfant « on-line » sur l'ordinateur, grâce à la webcam. Il était alors pris en considération d'une part le fait que l'enfant mange ou non le chips, et d'autre part le temps que l'enfant mettait pour manger le chips (entre 0 et 900 secondes). Nous n'avions pu montrer aucune différence significative entre nos groupes expérimentaux et contrôles sur ces deux variables, allant dans le sens des résultats de Marakovitz et Campbell (1998). Cependant, Diamond (2012) rappelle qu'aucune prise en charge ciblant les FE n'a montré de réelles améliorations dans ce type de tâches, mais cela est peut-être dû au fait que ces tâches sont toujours intégrées aux lignes de base mais ne font jamais l'objet d'entrainement en lui-même. Cette épreuve étant fort coûteuse en temps de passation et les résultats n'étant pas concluant, nous avions pris la décision de ne pas inclure cette tâche dans la ligne de base concernant l'étude dans la population TEC. Il aurait cependant probablement été intéressant d'observer l'effet que notre intervention aurait pu avoir sur ce type de variable dans notre population clinique, présentant potentiellement davantage de symptômes de type impulsivité/hyperactivité.

5.3 Choix des analyses

Nous avons vu précédemment que certains auteurs ont mis en évidence un modèle unitaire des FE chez les enfants d'âge préscolaire (Hughes et al., 2009; Wiebe et al., 2008; Wiebe et al., 2011), alors que d'autres prônent l'existence de modèle bi- ou tri-factoriel (Lee et al., 2013; Lehto et al., 2003; van der Ven et al., 2013) à l'image du modèle de Miyake et al. (2000) chez l'adulte. Dans notre population clinique, nous avions dans un premier temps mené nos analyses en utilisant un facteur général des FE, regroupant l'ensemble de nos épreuves cognitives. L'ANOVA à mesures répétées avec ce facteur général FE en variable intra-sujet et le groupe en variable inter-sujet (toujours avec l'âge en covariate puisque nos deux groupes différaient à ce niveau) montrait une interaction temps x groupe significative ($F(1,27) = 9.497$, $p = .005$, $\eta_p^2 = .260$). Nous observions en fait une meilleure amélioration du groupe contrôle comparé au groupe expérimental. Nous nous sommes rendus compte qu'en regroupant ces tâches lors de l'analyse factorielle, les tâches d'attention et de mémoire de travail présentaient la plus grosse « charge » au sein de ce facteur. Les quatre tâches ayant la plus petite « charge » étaient en fait les tâches d'inhibition. Comme nous avons pu remarquer à travers les méta-analyses de Pauli-Pott et Becker (2011) et de Schoemaker et al. (2013) que les TEC étaient plus fortement liés aux capacités d'inhibition qu'aux autres FE, il nous semblait intéressant de distinguer chaque

FE. Nous avons donc pris la décision de traiter nos données en tenant compte de divers facteurs isolés (attention, inhibition, mémoire de travail et flexibilité).

5.4 Prise en charge de groupe : Effet positif ou délétère ?

En 1972 déjà, Cahoon observait l'effet d'un entrainement cognitif en groupe chez 35 enfants âgés de 47 à 63 mois, ce qui selon lui « collait » le plus à la situation naturelle de la classe de maternelle. L'auteur rappelle que Piaget rapportait en 1964 que les enfants développaient leurs capacités cognitives en grande partie grâce à la structure sociale qui les entourait. Ainsi, l'enfant apprendrait mieux lors de collaborations sociales, en groupe. Il rappelle également que « la coopération est en réalité la co-opération », et amène donc au développement intellectuel (Cahoon, 1972). Bien que l'auteur dénomme ses tâches comme étant des tâches « cognitives », il ne faut pas entendre par là des épreuves telles que celles utilisées actuellement dans la littérature. Il s'agissait en réalité de tâches évaluant les longueurs, poids, nombres, sériation, etc. qui se rapportaient donc plus aux opérations logiques. Toujours est-il que les résultats indiquaient que la plupart des enfants montrait un bénéfice dans l'ensemble des domaines. L'auteur ne donne cependant pas de résultats chiffrés, ce qui rend l'interprétation difficile. D'autres auteurs rapportent les effets bénéfiques du groupe, comme par exemple l'effet stimulant qui permet à certains enfants d'arriver au bout de certaines tâches qu'ils n'auraient pas pu effectuer seul (Clanton Harpine, 2008). Néanmoins, il faut tout de même ajouter que le groupe pourrait, chez certains enfants, avoir un effet plus délétère. En effet, certains enfants plus introvertis pourraient se sentir mal à l'aise lors des jeux avec le fait d'être observé et peut-être jugé pour ses performances, mais également lorsqu'ils doivent réaliser la tâche après qu'un autre enfant l'ait également réalisée (Moriguchi, Lee, & Itakura, 2007).

Dans le cadre de nos recherches, nous avions choisi l'approche de groupe pour plusieurs raisons. D'abord pour le caractère écologique de cette approche : en effet, les séances de groupe se rapprochent le plus de la situation que l'enfant rencontre tous les jours en classe de maternelle, moment pendant lesquels les exercices sont souvent fait par petits groupes d'enfants. D'autre part, il aurait été difficilement imaginable de mener 16 séances individuelles chez autant d'enfants dans le temps qui nous était offert. Enfin, il nous semblait intéressant pour l'enfant de faire partie d'un groupe. Jouer en groupe, c'est aussi bénéficier d'une certaine émulation. En outre, cela donne aussi la possibilité d'apprendre à contrôler le comportement de l'autre avant de se contrôler soi-même en train de faire ledit comportement. Cela se rapproche fortement de ce qu'Adèle Diamond utilise comme méthode dans ces interventions (elle met un enfant en action et l'autre surveille que l'action est bien faite) (Diamond et al., 2007).

Lorsque nous pensions au design de notre intervention, nous avions conscience du fait qu'il pourrait être difficile de gérer l'investissement de chaque enfant en situation de groupe car il y a toujours des enfants extravertis et d'autres plus introvertis qui risquent donc de moins participer. Nous avons donc porté une attention toute particulière à la participation de chaque enfant, en s'assurant par exemple que chacun soit actif pendant

l'exercice, puisqu'il y avait toujours un enfant qui accomplissait la tâche pendant que les autres tenaient le rôle de gendarme ou détective.

5.5 Démarche d'analyse de groupe versus profil individuel

Bien que la démarche d'analyse de groupe soit la plus répandue dans la littérature scientifique, une question centrale se pose néanmoins pour le clinicien car c'est en effet à ce dernier que s'adressent ces études, lui permettant d'améliorer sa pratique clinique. Cependant, lorsque que nous analysons nos résultats en prenant compte les moyennes de groupe (contrôles et expérimentaux) sur les différentes variables, le clinicien pourrait nous reprocher d'omettre des informations d'une grande importance pour lui. Car pour le clinicien, savoir que x% des enfants se sont améliorés suite à une intervention a plus d'importance que de savoir que le groupe expérimental n'a évolué que de manière marginale sur une variable donnée.

Si on prend l'exemple de notre étude chez les enfants tout-venant, nous avions mis en évidence une tendance à l'amélioration pour notre facteur « Inhibition ». En effet, notre ANOVA à mesures répétées ne nous montrait qu'une interaction marginale. Pourtant, lorsque nous prenons la peine de regarder dans chacun des deux groupes (contrôle et expérimental), la fréquence des enfants chez qui on observe une dégradation, stabilité ou amélioration du score sur ce même facteur[4], nous nous rendons compte que, même si 70% des enfants du groupe contrôle se sont améliorés sur ce facteur, ce pourcentage grimpe à 92% dans le groupe expérimental. Le même phénomène est observé pour l'agitation observée à l'UCG et pour l'inattention évaluée par les institutrices au Conners, pour lesquels aucune interaction ne sortait lors de nos analyses, mais en réalité 71% des sujets expérimentaux se montrent moins agités après l'intervention (contre 45% chez les contrôles) et 67% présentent moins de symptômes d'inattention (contre 35% chez les contrôles). Enfin, alors que nos résultats ne montraient aucune amélioration sur le plan de la flexibilité, nous remarquons que 50% des sujets expérimentaux se sont néanmoins améliorés sur ce facteur (contre 30% chez les contrôles). Bien que la démarche d'analyse de groupe soit tout à fait pertinente, il faudrait donc peut-être se demander si une démarche d'analyse individuelle ne serait pas également adéquate pour ce type de recherche, dont les résultats sont principalement destinés aux cliniciens et qui procureraient à ces derniers des informations probablement plus « parlantes » afin d'orienter leur choix de prise en charge. Avec le premier type d'analyse, le clinicien pourrait de fait se dire que cette intervention ne vaut peut-être pas la peine d'être mise en place dans sa pratique clinique car cela constituerait un investissement très couteux en temps pour une probabilité relativement faible d'augmentation des performances. Par contre, en analysant les profils individuels,

[4] Afin d'observer la dégradation, la stabilité ou l'amélioration des scores, nous avons soustrait le score au pré-test du score au post-test pour les facteurs cognitifs (pour lesquels une amélioration signifie une augmentation des réponses correctes) et nous avons fait inversé le score obtenu pour les échelles comportementales pour lesquelles une amélioration signifie une diminution du score. Nous avons ensuite observé la fréquence des sujets présentant une différence positive, négative ou nulle.

même si on observe une certaine évolution dans le groupe contrôle probablement en raison du développement spontané des enfants et des effets test/retest, le clinicien verra que des améliorations sont observées et que cette intervention pourrait dès lors être pertinente pour certains de ses patients, tenant compte également des facteurs de susceptibilité différentielle que sont l'âge et le niveau d'inhibition au départ.

5.6 Variabilité inter-individuelle / variabilité intra-individuelle

Des traitements exécutifs mobilisent par définition les ressources attentionnelles, qui ne sont cependant pas disponibles à tout moment pour l'individu. Un sujet n'aura jamais le même niveau de performance à tout moment de la journée: il y a des fluctuations intra-individuelles en plus de différences inter-individuelles. Il pourra être déconcentré car il a vécu quelque chose qui l'a contrarié quelques heures auparavant et il rumine encore au moment où il est censé effectuer une tâche, ou car il est plus fatigué, il y a donc tout un tas de raisons qui font qu'une personne présente certaine variation attentionnelle. L'attention n'est pas quelque chose de figé, comme les connaissances sémantiques par exemple. Et chez le jeune enfant, on est en droit de se dire que ce phénomène est susceptible d'être exacerbé en raison du fait qu'il n'est peut-être pas encore capable de faire abstraction de ces « sources de distraction ». Il est donc évident que les performances lors des tâches au pré- et post-test peuvent entre autres différer en raison de cette variabilité. Cette fluctuation a en outre été observée chez les enfants présentant des TEC (*cf.* Chapitre 5) et se retrouve principalement dans les temps de réaction, avec une variabilité plus importante dans les groupes cliniques. Mais un autre type de fluctuation concerne la stratégie de réalisation d'une tâche : lorsqu'un enfant réalise la même tâche exécutive à deux moments différents, ou lorsqu'il réalise deux tâches différentes mais censées évaluer des processus exécutifs identiques, on peut imaginer qu'il n'utilise pas exactement les mêmes stratégies pour répondre. Bien que nous soyons conscients de ces variabilités, il semble cependant difficile de les contrôler.

6. Perspectives futures

Faire partie d'un programme de recherche présente de nombreux avantages mais engendre également quelques difficultés. En effet, cela nous permet de réfléchir ensemble aux erreurs à éviter, de partager nos idées mais aussi de recevoir un feedback constructif sur ses propres idées, sans oublier que cela permet d'unir nos forces lors de périodes fort éprouvantes comme les périodes de recrutement et de mise en place des protocoles. Faire partie de ce type de programme octroie cependant moins de liberté dans le design et le protocole de recherche. En effet, le but de cette deuxième phase d'H2M était de confirmer ou infirmer les relations causales entre d'une part les TEC, et d'autre part les quatre facteurs de risque associés aux TEC qui avaient été mis en évidence dans la première phase du programme, dont l'inhibition. Afin de pouvoir observer une éventuelle relation causale entre les TEC et l'inhibition, nous n'avions d'autres choix que de nous cibler exclusivement sur cette fonction. Cependant, dans la réalité du terrain et au vu des différentes études

publiées ces dernières années sur les prises en charge des jeunes enfants présentant des TEC, il semble que quelques adaptations pourraient être apportées à notre intervention dans le cadre de recherches futures.

Premièrement, on pourrait impliquer davantage les parents dans la prise en charge, puisque nous savons que l'interaction parent-enfant joue un rôle non négligeable dans le développement des FE (S. M. Carlson, 2009). Lors de l'étude chez les enfants tout-venant, les parents n'étant pas particulièrement demandeurs d'une intervention et les séances se déroulant au sein de l'école, pendant les heures de cours, il aurait été difficilement imaginable de les impliquer. Par contre, pour des populations cliniques, on comprend aisément l'intérêt d'informer les parents et de les « former » afin qu'ils puissent continuer certains exercices au quotidien à domicile, toujours sous forme de jeux. Cela permettrait de garder une certaine continuité dans la prise en charge, facilitant la consolidation des apprentissages en séances et permettant peut-être un meilleur transfert des compétences. Grâce au jeu, cela permettrait également de (re)construire la relation parent-enfant, et même avec la fratrie, qui est souvent entachée lorsque l'enfant présente des TEC. Une famille dont l'un des membres présente des TEC est en effet souvent une famille ébranlée. Il n'est pas rare en clinique d'observer que le traitement symptomatologique de l'enfant entraîne un changement de comportement également chez les parents. Continuer l'entrainement à domicile jouerait alors un double rôle, cognitif et relationnel. Pour revenir sur le potentiel impact de la métacognition versus le drill cognitif dont nous parlions précédemment, il pourrait également être envisagé de demander aux parents d'évaluer la fréquence/intensité de l'utilisation des personnages métacognitifs à domicile. Un questionnaire pourrait être créé à cet effet, ou même un carnet de bord permettant de se rendre compte du poids des personnages sur la compréhension que l'enfant a de ses processus cognitifs et de leur impact dans les tâches de la vie quotidienne.

Deuxièmement, nous avons vu dans la partie théorique de cette thèse que certains travaux comme ceux de Wiebe et al. (2011) suggèrent qu'à 3 ans les FE formeraient une seule entité, seraient unidimensionnelles. D'un autre côté, les récentes méta-analyses de Pauli-Pott et Becker (2011) et Schoemacker et al. (2013) ont montré que l'inhibition semblait être la FE la plus liée aux TEC. C'est pour cette dernière raison que nous avons ciblé l'inhibition lors de notre intervention, dans le but de tester leur relation causale. Cependant, dans la pratique clinique, on peut se demander s'il ne serait pas préférable de ne pas se centrer uniquement sur l'inhibition mais également sur les autres composantes des FE, comme le font la plupart des recherches actuelles dans ce domaine, afin d'augmenter les chances de progression et de transfert aux autres FE.

Troisièmement, il faudrait également réfléchir à la meilleure manière d'avoir une mesure extrinsèque du niveau de difficulté des jeux. Comment évaluer la difficulté d'un jeu pour être certain de rester dans la Zone Proximale de Développement de l'enfant, d'autant plus quand il s'agit de séances de groupe ? Dans le cas de notre intervention, nous attendions que le groupe de manière générale réussisse les exercices proposés avant de passer à autre chose, avec dès lors toute la subjectivité que cela implique. Mais à nouveau, une situation clinique comporte toujours son lot de variables difficilement contrôlables.

Une façon de faire serait par exemple d'utiliser uniquement des jeux qui seraient informatisés et qui passeraient d'un niveau de difficulté à l'autre à partir de x% de réponses correctes (par exemple dans un jeu de type Go-NoGo le délai entre deux stimuli pourrait diminuer lorsque l'enfant passe à un niveau de difficulté supérieur, ou les stimuli Go et NoGo pourraient se ressembler de plus en plus), mais ne perdrions nous pas alors le côté ludique du groupe car l'enfant se retrouve à nouveau dans une situation face à l'écran ? Plus important encore, dans le cas d'exercices d'inhibition, si on entraine continuellement l'enfant sur le même jeu, et que le niveau de difficulté augmente mais sans changer la nature du jeu, il est fort probable que ce qui était au départ la réponse dominante devienne en réalité la réponse dominée, et inversément. Au fur et à mesure de l'entrainement sur le même jeu, l'enfant aura de moins en mois besoin d'inhiber ce qui au départ était la réponse dominante. Nous voyons donc que, dans le cas des FE, contrôler le niveau de difficulté tout en continuant d'entrainer les fonctions cibles demande une certaine réflexion.

Quatrièmement, nos analyses lors de l'étude chez les enfants TEC ont mis en évidence que les enfants qui étaient le moins impliqué dans les séances (qui étaient en fait les plus turbulents principalement) étaient aussi ceux dont le chaos familial était plus important, en comparaison aux enfants dont l'implication lors des jeux était plus grande ($t(16) = 2.452$; $p = .026$). A ce sujet, nous avons également pu observer que le chaos familial semblait pouvoir discriminer les enfants TEC et tout-venant (*cf.* Chapitre 5). Il aurait pu être utile de mettre cette mesure également en post-test lors de nos deux études expérimentales afin de voir si notre prise en charge aurait également eu un impact sur cette variable. En effet, nous savons à quel point la présence d'un enfant difficile au sein d'une famille peut engendrer de tensions familiales, tant au niveau de la relation avec les parents qu'avec la fratrie (Campbell, 1994). On pourrait dès lors postuler que, si le comportement d'un enfant s'améliore suite à une prise en charge, celui du parent pourrait également être modifié et c'est alors toute une dynamique familiale qui se voit transformée. Certains items du CHAOS donnent des informations sur la relation entre les différents membres de la famille. A titre d'exemple, l'item 7 du CHAOS, qui corrèle avec le niveau de TEC au CBCL au pré-test, est « à la maison, on peut se parler les uns aux autres sans être interrompu ». Il serait par exemple intéressant de voir si après une prise en charge de l'inhibition chez l'enfant, les dialogues familiaux sont plus respectés et moins entrecoupés. Le questionnaire HOME (Bradley & Caldwell, 1977) évalue l'environnement familial et permet d'observer également ce type de comportement, comme par exemple le temps passé devant la télévision. On pourrait imaginer qu'un parent épuisé mette son enfant TEC devant l'écran plus souvent et pour de plus longue période, en epsérant avoir du calme pour une période donnée, alors que si le comportement de son enfant s'améliore, ce même parent privilégiera peut-être des moments de jeux en famille. Mesurer cette variable à l'aide d'un de ces questionnaires après l'intervention pourrait donc s'avérer utile et cette piste pourrait être considérée dans les futures recherches.

Enfin, il était prévu dans le cadre de H2M de pouvoir comparer l'efficacité des quatre interventions pré-citées sur les TEC et cela fera l'objet d'une future publication. De manière plus spécifique, nous avons également voulu tester la manipulation d'une variable

(l'inhibition) sur une autre (la cognition sociale) et inversément. En effet, la littérature a montré les liens entre FE d'une part, et Théorie de l'Esprit d'autre part (Hughes & Ensor, 2007). Dans nos études expérimentales, nous avions donc intégré à notre ligne de base quelques épreuves de cognition sociale, et Madame Houssa, qui a montré qu'une prise en charge centrée sur la compréhension des états mentaux et la résolution de problèmes sociaux permettait une diminution significative des TEC (Houssa & Nader-Grobois, submitted), intégrait par ailleurs quelques-unes de nos tâches à sa propre ligne de base. Cela nous permettait de tester un éventuel impact d'une prise en charge sur les variables de l'autre. Dans le cas de la population tout-venant, nos analyses n'ont pas pu mettre en évidence de tels impacts, et ont plutôt pointé un effet spécifique de chaque intervention sur les variables cibles (Houssa, Volckaert, Nader-Grosbois, & Noël, 2014). Les données récoltées sur l'échantillon clinique feront quant à elles l'objet d'analyses ultérieures. Il nous semble pertinent de croire qu'une combinaison de prises en charge ciblant les FE mais également l'aspect socio-émotionnel de l'enfant pourrait amener une plus grande diminution des TEC, dans la lignée de ce que proposaient Riggs, Greenberg, Kusché et Pentz (2006) avec leur programme PATH, d'autant plus que nos deux prises en charge ont montré séparément des effets bénéfiques.

7. Implications cliniques

A la lumière de nos résultats, il semble encore très difficile aujourd'hui, en tant que chercheur mais également en tant que clinicien de se positionner sur l'importance ou non d'une prise en charge précoce des TEC. En effet, rappelons par exemple les résultats de Palfrey et al. (1985) qui montraient que 40% des parents d'enfants de 4 ans se plaignent de comportements difficiles chez leur jeune enfant, mais seuls 10% de ces enfants seront en réalité diagnostiqués TDAH ultérieurement. Ce n'est donc pas parce qu'un enfant présente des TEC qu'il sera d'emblée diagnostiqué TDAH ou autre par après. Il se pourrait dès lors que la maturation et le développement spontané de l'enfant améliore significativement son comportement considéré auparavant comme problématique. Prendre en charge ce type d'enfants n'aurait donc pas de sens, considéré alors comme des « faux positifs ». Dans ce cas-là, une prise en charge systématique ne serait pas nécessairement bénéfique. D'un autre côté, la logique inverse voudrait que si on prend en charge dès le plus jeune âge un enfant présentant des TEC, on diminue par-là la probabilité de « cascade développementale » (voir à ce sujet le livre de Roskam, 2013) qui amène à des difficultés d'apprentissage, des difficultés d'ordre social, etc., pouvant fortement entraver la vie de l'enfant et de l'adulte en devenir. Citons à ce sujet l'impressionnante étude de Moffitt et al. (2011) qui ont suivi 1000 enfants de la naissance à l'âge de 32 ans. Les auteurs ont montré que les personnes ayant de faibles capacités d'auto-contrôle durant la petite enfance présentaient plus de difficultés financières (plus faible statut socio-économique, plus de problèmes d'argent), de problèmes de santé (plus d'addictions et plus faible santé en général) à l'âge adulte et une plus grande probabilité de criminalité.

Dans la pratique clinique, les choses ne sont pas encore très claires et on constate souvent que les très jeunes enfants présentant des difficultés comportementales ne sont pas

souvent pris en charge dans le cadre d'une rééducation purement neuropsychologique mais sont plutôt envoyés chez des psychomotriciens afin de travailler entre autres la gestion de leur corps. Dans la littérature scientifique, les chercheurs intègrent également de plus en plus dans leur prise en charge des exercices de type yoga, aérobic, ou même arts martiaux (Halperin et al., 2012). Les résultats de nos recherches ne sont pas simples et ne permettent pas d'avoir une réponse claire à cette prise de position quant à la prise en charge précoce ou non d'un enfant TEC. Dans le cadre de ce programme de recherche H2M, il nous semblait que travailler avec une population d'âge préscolaire comportait plusieurs avantages. Ce sont des enfants qui ne sont en général pas encore diagnostiqués, pour lesquels aucune prise en charge n'est encore proposée, et qui pourtant ont la facilité de pouvoir participer à un protocole de recherche en journée puisqu'ils ne sont pas encore en obligation scolaire. De plus, et il s'agit sans nul doute du critère le plus important, il s'agit d'une période de développement importante qui constitue un bon moment de « levier » afin de modifier les comportements vus comme problématiques.

Une autre question se pose en termes d'éducation nationale. En effet, de manière générale, ne sont pris en charge que les enfants présentant des difficultés et pour lesquels les parents consultent. Pourtant, nous avons vu que des curricula comme celui d'Adèle Diamond (2007) sont intéressants et permettent de développer les FE de manière significative. Nous avons également pu mettre en évidence des améliorations significatives suite à notre intervention chez des sujets tout-venant. Très récemment, Traverso, Viterbori et Usai (2015) ont mis au point, chez 75 enfants de cinq ans issus d'un milieu à bas revenus, une prise en charge de 12 séances de 30 minutes se déroulant à l'école (étalées sur un mois) ciblant les FE. L'entrainement était supervisé par un psychologue formé aux exercices, mais il serait aisé pour un enseignant de prendre en charge les séances (les auteurs ont mis au point un manuel d'intervention). En ce qui concerne l'inhibition, les résultats montrent que les sujets expérimentaux se sont plus améliorés, comparé au groupe contrôle (liste d'attente), dans une tâche de contrôle du comportement (tâche où il est demandé à l'enfant de tracer un cercle le plus doucement possible), une tâche de matching de figure et une tâche flanker (sur le temps de réponse, pas sur la précision). Il y a également une augmentation des performances dans la partie flexibilité d'une tâche d'incompatibilité spatiale. En ce qui concerne la mémoire de travail, le groupe expérimental s'améliore dans une tâche d'empan de mots à l'envers, dans une tâche de mise à jour, mais pas dans une tâche mesurant la boucle phonologique. Aucune mesure attentionnelle ne figurait dans la ligne de base. Les auteurs avaient intégré des épreuves mesurant le délai de gratification à la ligne de base et les résultats sont mitigés : alors que dans une tâche les sujets expérimentaux se sont améliorés, ce sont les contrôles qui s'améliorent dans une seconde tâche, et dans la troisième aucun sujet n'évolue. Enfin, les parents avaient rempli le questionnaire « Attention and Hyperactivity Symptoms Scale » (Cornoldi, Gardinale, Masi, & Pettenò, 1996) au début de l'intervention afin de vérifier que les deux groupes ne différaient pas sur leur niveau d'inattention ou de comportements hyperactifs. Les auteurs ne l'ont cependant pas fait repasser en post-test, ce qui ne permet donc pas de tester l'impact de cette intervention sur le comportement. Agir de manière proactive au quotidien, et ce dès le plus jeune âge, permettrait également d'augmenter les capacités métacognitives

de l'enfant. Très récemment, Schmitt, McClelland, Tominey et Acock (2015) ont mis en place une prise en charge de 8 semaines centrée sur l'autorégulation au sein de classes dans des populations plus défavorisées. Ce sont les enseignants qui mettaient en place les jeux au sein de leur classe. Leurs résultats montrent qu'il est possible d'améliorer de telles compétences chez le jeune enfant. Doit-on à tout prix attendre qu'un enfant présente des difficultés pour agir ? Ou, au contraire, agir au sein du milieu scolaire au quotidien ne permettrait-il pas d'éviter que certains enfants ne développent des difficultés ? La question reste ouverte.

Bien que nous ayons observé des résultats assez prometteurs lors de nos recherches, nous pourrions cependant nous poser la question suivante : pourquoi notre intervention plutôt qu'une autre ? Nous avons vu que notre intervention avait un impact différent en fonction du profil de l'enfant. Nous avons également mentionné au début de cet ouvrage que quatre interventions avaient été mise au point au sein du programme de recherche H2M, ciblant chacune un facteur de risque associé aux TEC (sentiment de compétence parental, communication parent-enfant, cognition sociale et inhibition). Nous pourrions dès lors nous demander pour quelle raison une famille choisirait de travailler au niveau de l'enfant plutôt que du parent, et pourquoi l'inhibition plutôt que la cognition sociale, ou le sentiment de compétence parentale plutôt que la communication parent-enfant ? Cette question fera prochainement l'objet d'une publication, mais nous avons d'ores et déjà voulu observer la diminution des TEC (évalués par les parents grâce au CBCL) pour chacune des quatre interventions, ainsi que pour le groupe contrôle qui était sur liste d'attente. A noter que les cinq groupes ne différaient pas au départ sur ce score de TEC ($F(4, 92) = .981$; $p = .422$). Nous remarquons des améliorations significatives suite aux quatre interventions[5], ce qui est encourageant puisqu'elles visaient chacune un facteur de risque en particulier (Figure 28). Le groupe contrôle ne présente par contre aucune amélioration significative, bien que marginale, probablement en raison du développement spontané de l'enfant (Test *t* pairé : $t(19) = 1.806$; $p = .087$). Nous avons ensuite réalisé une ANOVA avec en variable dépendante la progression entre le pré- et le post-test et en facteur inter-sujets le groupe d'intervention, afin d'observer une potentielle différence de progression entre les deux temps au sein des différents groupes. Une différence significative ressort de cette analyse ($F(4,92) = 3.234$; $p = .016$). L'analyse des contrastes (bonferroni) montre que le groupe ayant reçu notre intervention ciblant l'inhibition tend à se démarquer du groupe contrôle (différence moyenne = -5.68 ; $p = .063$). Il en est de même pour le groupe ayant ciblé la communication parent-enfant (différence moyenne = -5.23 ; $p = .089$). Les groupes ayant ciblé la cognition sociale ou le sentiment de compétence parental ne se démarquent pas du groupe contrôle en ce qui concerne cette progression.

Cette diminution des TEC rapportée par les parents est confirmée par une diminution significative des affects négatifs (Figure 29) et de l'agitation (Figure 30) lors de notre

[5] Intervention Inhibition : Test *t* pairé : $t(17) = 4.790$; $p = < .001$
Intervention Cognition Sociale : Test *t* pairé : $t(16) = 3.621$; $p = .002$
Intervention Communication Parent-Enfant: Test *t* pairé : $t(20) = 4.347$; $p = < .001$
Intervention Sentiment de Compétence Parental : Test *t* pairé : $t(16) = 2.516$; $p = .023$

paradigme d'observation (UCG), mais uniquement suite à l'intervention ciblant l'inhibition[6]. Plus important encore, cette amélioration apparait alors que les enfants du groupe contrôle ont vu le nombre d'affects négatifs augmenter significativement entre leur pré- et post-test. Ces résultats sont donc très encourageants.

Quatre mois après les interventions, il avait été demandé aux parents des groupes d'intervention de remplir une dernière fois le CBCL. L'analyse de ces données au follow-up montre que seul le groupe ayant travaillé le sentiment de compétence parental continue de montrer une diminution des TEC (Test *t* pairé : $t(16) = 2.577$; $p = .020$), alors que les trois autres groupes d'intervention maintiennent le même niveau de TEC par rapport au post-test[7]. Nous ne pouvons cependant pas comparer cette évolution avec celle du groupe contrôle, puisque les parents de ce dernier n'ont pas participé au follow-up (pour rappel, ils devenaient expérimentaux dans d'autres groupes).

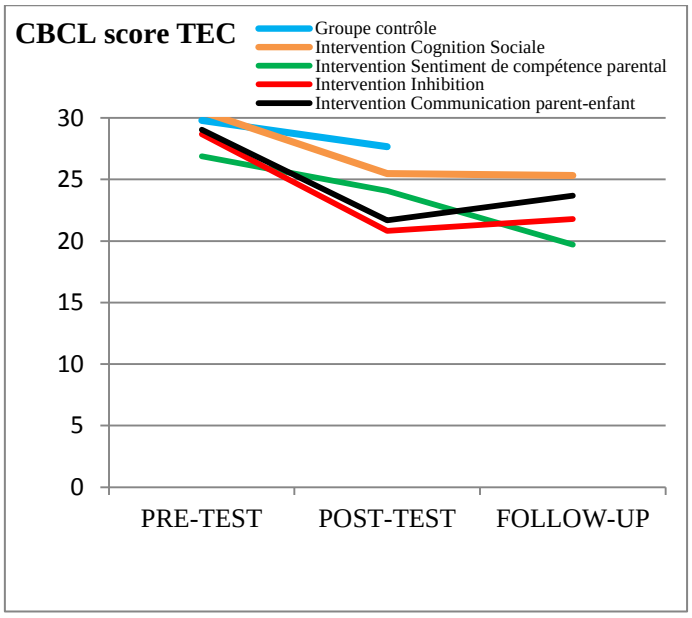


Figure 28. Evolution du score TEC au CBCL rempli par les parents pour la population clinique, en fonction des quatre interventions issues du programme H2M

[6] Intervention Inhibition : Test *t* pairé pour les affects négatifs : $t(16) = 2.098$; $p = .052$, Test *t* pairé pour l'agitation : $t(16) = 2.721$; $p = .015$
Intervention Cognition Sociale : Test *t* pairé pour les affects négatifs : $t(14) = -1.033$; $p = .319$, Test *t* pairé pour l'agitation : $t(14) = -.678$; $p = .509$
Intervention Communication Parent-Enfant: Test *t* pairé pour les affects négatifs : Test *t* pairé : $t(15) = .417$; $p = .682$, Test *t* pairé pour l'agitation : $t(15) = -.419$; $p = .681$
Intervention Sentiment de Compétence Parental : Test *t* pairé pour les affects négatifs : $t(15) = 1.724$; $p = .105$, Test *t* pairé pour l'agitation : $t(15) = -.800$; $p = .436$

[7] Intervention Inhibition : Test *t* pairé : $t(13) = -1.395$; $p = .187$
Intervention Cognition Sociale : Test *t* pairé : $t(11) = -.088$; $p = .931$
Intervention Communication Parent-Enfant: Test *t* pairé : $t(15) = -.878$; $p = .394$

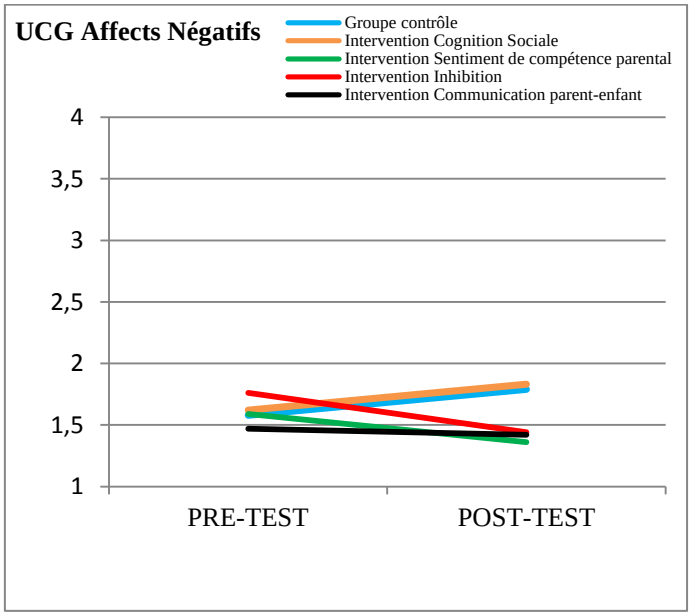


Figure 29. Evolution du score d'affects négatifs à l'UCG pour la population clinique, en fonction des quatre interventions issues du programme H2M

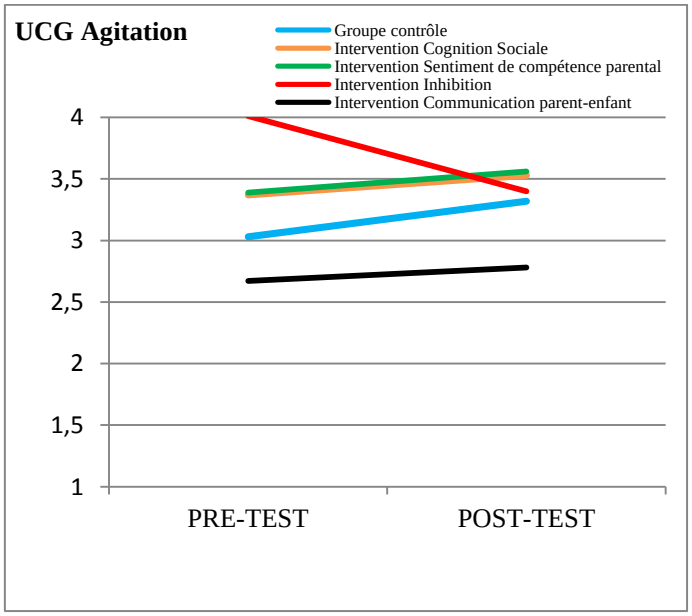


Figure 30. Evolution du score d'agitation à l'UCG pour la population clinique, en fonction des quatre interventions issues du programme H2M

8. Conclusion

Les TEC occupent une place importante dans la pratique clinique chez le jeune enfant d'âge préscolaire et divers facteurs de risque y sont associés : difficultés concernant la parentalité et la communication parent-enfant au niveau des parents, les compétences en cognition sociale et FE au niveau de l'enfant. En ce qui concerne les FE, le lien avec les TEC se situerait davantage au niveau de l'inhibition.

La présente thèse avait donc pour but de tester le lien de causalité entre l'inhibition et les TEC chez le jeune enfant. Pour cela, nous avons mis en place une intervention à moyen terme centrée sur les capacités d'inhibition. Nous avons observé l'effet de cette prise en charge sur les autres FE d'une part, mais également sur la sphère comportementale. Nous nous attendions donc à une diminution des symptômes liés aux TEC, soit de l'agitation, agressivité, etc.

Nous avons testé l'efficacité de notre intervention dans deux populations et nous avons observé des profils différents. Lors de notre première étude empirique dans une population d'enfants tout-venant, nous avons montré que notre intervention tendait à augmenter les capacités d'inhibition, et ce principalement chez les enfants présentant un plus faible niveau d'inhibition au départ, mais qu'elle avait également un impact sur les autres FE telles que l'attention ou la mémoire de travail. Plus important encore, cela engendrait une diminution des TEC évalués dans notre paradigme d'observation, l'UCG.

Nous avons ensuite dupliqué cette étude dans une population d'enfants présentant effectivement des TEC. Les résultats suggèrent que, bien qu'une amélioration des FE soit plus difficile à mettre en évidence dans ce type de population, les parents rapportent néanmoins une amélioration du comportement, qui est également observée dans l'UCG.

Nous observons donc des bénéfices de cette intervention dans les deux types de population, et les résultats des épreuves comportementales dans la population clinique tendent à confirmer le lien de causalité entre TEC et inhibition. C'est plutôt encourageant. Nous savons en effet qu'il n'est pas si simple d'obtenir des résultats forts dans les prises en charge de ce type, et cela peu importe l'âge de l'échantillon (Rapport et al., 2013).

En conclusion, même s'il y a encore du chemin à accomplir sur cette thématique complexe de la prise en charge des TEC dès le plus jeune âge, il semble que des solutions commencent à émerger afin d'aider ces familles tant découragées. Plus précisément, malgré les résultats parfois mitigés de notre intervention, il semble que celle-ci puisse apporter une aide significative dans le contexte clinique.

De manière plus personnelle, j'ajouterai que le va-et-vient constant, ces quatre dernières années, entre clinique et recherche fût d'un très grand enrichissement, permettant de se repositionner constamment afin de devenir tantôt une meilleure chercheuse, tantôt une meilleure clinicienne. Et il semble évident que, dans un domaine comme celui-ci, ce va-et-vient soit primordial.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

Achenbach, T. M. (1991). *Manual for the CBCL/4-18 and 1991 Profile.* : University of Vermont, Department of Psychiatry, Burlington.

Achenbach, T. M., & Edelbrock, C. S. (1986). *Manual for Teacher Version of the Child Behav-ior Checklist and Child Behavior Profile.* : University of Vermont, Department of Psychiatry, Burlington.

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

Achenbach, T. M., & Rescorla, L. A. (2000a). *Manual for the ASEBA Preschool Forms & Profiles*. Burlington, VT: University of Vermont, Research Center for Children, Youth, & Families.

Achenbach, T. M., & Rescorla, L. A. (2000b). *Mental Health Practitioner's Guide for the Achenbach System of Empirically Based Assessment (ASEBA).* Burlington, University of Vermont. Department of Psychiatry.

Albaret, J. M. (2006). Note de synthèse sur les programmes d'auto-instructions dans la prise en charge de l'enfant TDA/H. *Approche Neuropsychologique des Apprentissages chez l'Enfant, 18*(90), 324-329.

American Psychiatric Association. (2000). *Diagnostic and statistical manual-text revision (DSM-IV-TRim, 2000)*: American Psychiatric Association.

Anderson, P. (2002). Assessment and development of executive function (EF) during childhood. *Child Neuropsychology, 8*(2), 71-82.

Anderson, P. J., & Reidy, N. (2012). Assessing executive function in preschoolers. *Neuropsychology review, 22*(4), 345-360.

Anderson, V., Jacobs, R., & Anderson, P. J. (2011). *Executive functions and the frontal lobes: A lifespan perspective*: Psychology Press.

Anthony, B. J., Anthony, L. G., Morrel, T. M., & Acosta, M. (2005). Evidence for social and behavior problems in low-income, urban preschoolers: Effects of site, classroom, and teacher. *Journal of Youth and Adolescence, 34*(1), 31-39.

Association, A. P. (2003). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders: DSM-5*: American Psychiatric Association.

Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences, 4*(11), 417-423.

Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (1994). Developments in the concept of working memory. *Neuropsychology, 8*(4), 485.

Bange, F., Le Heuzey, M. F., Acquaviva, E., Delorme, R., & Mouren, M. C. (2014). Risques cardiovasculaires et conduite à tenir dans le traitement du trouble déficit de l'attention/hyperactivité avec le méthylphénidate. *Archives de pédiatrie, 21*(1), 108-112.

Barkley, R. A. (1997a). *ADHD and the nature of self-control*: Guilford Press.

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

Barkley, R. A. (1999). Response inhibition in attention-deficit hyperactivity disorder. *Mental Retardation and Developmental Disabilities Research Reviews, 5*(3), 177-184. doi:10.1002/(sici)1098-2779(1999)5:3<177::aid-mrdd3>3.0.co;2-g

Barkley, R. A. (2014). *Attention-deficit hyperactivity disorder: A handbook for diagnosis and treatment*: Guilford Publications.

Barkley, R. A., Grodzinsky, G., & DuPaul, G. J. (1992). Frontal lobe functions in attention deficit disorder with and without hyperactivity: A review and research report. *Journal of Abnormal Child Psychology, 20*(2), 163-188. doi:10.1007/bf00916547

Barnett, M. A., Shanahan, L., Deng, M., Haskett, M. E., & Cox, M. J. (2010). Independent and interactive contributions of parenting behaviors and beliefs in the prediction of early childhood behavior problems. *Parenting: Science and Practice, 10*(1), 43-59.

Barnett, R., Maruff, P., Vance, A., Luk, E. S. L., Costin, J., Wood, C., & Pantelis, C. (2001). Abnormal executive function in attention deficit hyperactivity disorder: the effect of stimulant medication and age on spatial working memory. *Psychological medicine, 31*(06), 1107-1115.

Barrouillet, P., Bernardin, S., & Camos, V. (2004). Time constraints and resource sharing in adults' working memory spans. *Journal of Experimental Psychology: General, 133*(1), 83.

Barrouillet, P., & Camos, V. (2007). The time-based resource-sharing model of working memory. *The cognitive neuroscience of working memory*, 59-80.

Behar, L., & Stringfield, S. (1974). Manual for the Preschool Behavior Questionnaire.

Berlin, L., & Bohlin, G. (2002). Response Inhibition, Hyperactivity, and Conduct Problems Among Preschool Children. *Journal of Clinical Child and Adolescent Psychology, 31*(2), 242-251.

Berlin, L., Bohlin, G., & Rydell, A. M. (2003). Relations Between Inhibition, Executive Functioning, and ADHD Symptoms: A Longitudinal Study from Age 5 to 8 1/2 Years. *Child Neuropsychology, 9*(4), 255-266.

Berwid, O. G., Curko Kera, E. A., Marks, D. J., Santra, A., Bender, H. A., & Halperin, J. M. (2005). Sustained attention and response inhibition in young children at risk for Attention Deficit/Hyperactivity Disorder. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 46*(11), 1219-1229. doi:10.1111/j.1469-7610.2005.00417.x

Best, J. R., & Miller, P. H. (2010). A developmental perspective on executive function. *Child Development, 81*(6), 1641-1660.

Best, J. R., Miller, P. H., & Jones, L. L. (2009). Executive functions after age 5: Changes and correlates. *Developmental Review, 29*(3), 180-200.

Best, J. R., Miller, P. H., & Naglieri, J. A. (2011). Relations between executive function and academic achievement from ages 5 to 17 in a large, representative national sample. *Learning and individual differences, 21*(4), 327-336.

Blair, C. (2003). Behavioral inhibition and behavioral activation in young children: Relations with self-regulation and adaptation to preschool in children attending Head Start. *Developmental Psychobiology, 42*(3), 301-311. doi:10.1002/dev.10103

Blair, C., & Peters, R. (2003). Physiological and Neurocognitive Correlates of Adaptive Behavior in Preschool Among Children in Head Start. *Developmental Neuropsychology, 24*(1), 479-497. doi:10.1207/s15326942dn2401_04

Blair, K. A., Denham, S. A., Kochanoff, A., & Whipple, B. (2004). Playing it cool: Temperament, emotion regulation, and social behavior in preschoolers. *Journal of School Psychology, 42*(6), 419-443.

Blaye, A., & Chevalier, N. (2011). The role of goal representation in preschoolers' flexibility and inhibition. *Journal of experimental child psychology, 108*(3), 469-483.

Bohlin, G., Eninger, L., Brocki, K., & Thorell, L. (2012). Disorganized Attachment and Inhibitory Capacity: Predicting Externalizing Problem Behaviors. *Journal of Abnormal Child Psychology, 40*(3), 449-458. doi:10.1007/s10802-011-9574-7

Bouillet, L., Bouriot, M., Mathy, F., Campello, M., Ropers, G., Ballot, A., & Amsallem, D. (2012). Proposition d'épreuves contribuant au dépistage des Troubles Déficitaires de l'Attention avec Hyperactivité (TDAH). *ANAE. Approche neuropsychologique des apprentissages chez l'enfant*(120-21), 593-605.

Bradley, R. H., & Caldwell, B. M. (1977). Home observation for measurement of the environment: a validation study of screening efficiency. *American journal of mental deficiency*.

Bradley, R. H., & Corwyn, R. F. (2002). Socioeconomic status and child development. *Annual review of psychology, 53*(1), 371-399.

Brocki, K., Eninger, L., Thorell, L., & Bohlin, G. (2010). Interrelations Between Executive Function and Symptoms of Hyperactivity/Impulsivity and Inattention in Preschoolers: A Two Year Longitudinal Study. *Journal of Abnormal Child Psychology, 38*(2), 163-171. doi:10.1007/s10802-009-9354-9

Brocki, K. C., & Bohlin, G. (2006). Developmental change in the relation between executive functions and symptoms of ADHD and co-occurring behaviour problems. *Infant and Child Development, 15*(1), 19-40. doi:10.1002/icd.413

Brocki, K. C., Nyberg, L., Thorell, L. B., & Bohlin, G. (2007). Early concurrent and longitudinal symptoms of ADHD and ODD: relations to different types of inhibitory control and working memory. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 48*(10), 1033-1041. doi:10.1111/j.1469-7610.2007.01811.x

Brophy, M., Taylor, E., & Hughes, C. (2002). To Go or Not to Go: Inhibitory Control in 'Hard to Manage' Children. *Infant and Child Development, 11*(2), 125-140.

Bukowski, H. B., & Samson, D. (in press). Can emotions affect level 1 visual perspective-taking? *Cognitive Neuroscience*.

Byrne, J. M., DeWolfe, N. A., & Bawden, H. N. (1998). Assessment of attention-deficit hyperactivity disorder in preschoolers. *Child Neuropsychology, 4*(1), 49-66.

Cahoon, O. W. (1972). Preschoolers Learn Cognitive Tasks in Groups.

Camos, V., & Barrouillet, P. (2014). Le développement de la mémoire de travail: perspectives dans le cadre du modèle de partage temporel des ressources. *Psychologie française, 59*(1), 21-39.

Campbell, S. B. (1994). Hard-to-manage preschool boys: Externalizing behavior, social competence, and family context at two-year followup. *Journal of Abnormal Child Psychology, 22*(2), 147-166.

Campbell, S. B. (2002). *Behavior problems in preschool children.* (2nd ed.). New York: Guilford Press.

Campbell, S. B., Pierce, E. W., March, C. L., Ewing, L. J., & Szumowski, E. K. (1994). Hard-to-manage preschool boys: symptomatic behavior across contexts and time. *Child Development, 65*(3), 836-851.

Carlson, C. L., & Tamm, L. (2000). Responsiveness of children with attention deficit–hyperactivity disorder to reward and response cost: Differential impact on performance and motivation. *Journal of consulting and clinical psychology, 68*(1), 73.

Carlson, S. M. (2005). Developmentally sensitive measures of executive function in preschool children. *Developmental Neuropsychology, 28*(2), 595-616.

Carlson, S. M. (2009). Social origins of executive function development. *New directions for child and adolescent development, 2009*(123), 87-98.

Castellanos, F. X., Sonuga-Barke, E. J. S., Milham, M. P., & Tannock, R. (2006). Characterizing cognition in ADHD: Beyond executive dysfunction. *Trends in Cognitive Sciences, 10*(3), 117-124.

Catale, C., Geurten, M., Lejeune, C., & Meulemans, T. (2014). The Conners Parent Rating Scale: Psychometric properties in typically developing 4-to 12-year-old Belgian French-speaking children. *Revue Européenne de Psychologie Appliquée/European Review of Applied Psychology, 64*(5), 221-227.

Catale, C., Lejeune, C., Merbah, S., & Meulemans, T. (2013). French Adaptation of the Childhood Executive Functioning Inventory (CHEXI). *European Journal of Psychological Assessment, 29*(2), 149-155.

Chevalier, N. (2010). Les fonctions exécutives chez l'enfant: Concepts et développement. *Canadian Psychology/Psychologie Canadienne, 51*(3), 149.

Chevalier, N., & Blaye, A. (2006). Le développement de la flexibilité cognitive chez l'enfant préscolaire: Enjeux théoriques. *L'année psychologique, 106*(4), 569-608.

Chevalier, N., & Blaye, A. (2008). Cognitive flexibility in preschoolers: The role of representation activation and maintenance. *Developmental Science, 11*(3), 339-353.

Chevalier, N., & Blaye, A. (2009). Setting goals to switch between tasks: effect of cue transparency on children's cognitive flexibility. *Developmental Psychology, 45*(3), 782.

Chevalier, N., Blaye, A., & Maintenant, C. (2014). La représentation du but dans le contrôle exécutif chez l'enfant. *Psychologie française, 59*, 5-20.

Chevalier, N., Guay, M. C., Achim, A., Lageix, P., & Poissant, H. (2010). *Trouble déficitaire de l'attention avec hyperactivité : Soigner, éduquer, surtout valoriser.* : Presses de l'Université du Québec.

Chevalier, N., Wiebe, S. A., Huber, K. L., & Espy, K. A. (2011). Switch detection in preschoolers' cognitive flexibility. *Journal of experimental child psychology, 109*(3), 353-370.

Chiesa, A., Calati, R., & Serretti, A. (2011). Does mindfulness training improve cognitive abilities? A systematic review of neuropsychological findings. *Clinical Psychology Review, 31*(3), 449-464.

Clanton Harpine, E. (2008). Group interventions in schools: Promoting mental health for at-risk children and youth.

Clark, C., Prior, M., & Kinsella, G. J. (2000). Do Executive Function Deficits Differentiate Between Adolescents with ADHD and Oppositional Defiant/Conduct Disorder? A Neuropsychological Study Using the Six Elements Test and Hayling Sentence Completion Test. *Journal of Abnormal Child Psychology, 28*(5), 403-414. doi:10.1023/a:1005176320912

Cohen, D. (2008). Vers un modèle développemental d'épigenèse probabiliste du trouble des conduites et des troubles externalisés de l'enfant et de l'adolescent. *Neuropsychiatrie de l'Enfance et de l'Adolescence, 56*(4-5), 237-244. doi:10.1016/j.neurenf.2007.07.003

Collette, F., Hogge, M., Salmon, E., & Van der Linden, M. (2006). Exploration of the neural substrates of executive functioning by functional neuroimaging. *Neuroscience, 139*(1), 209-221.

Collette, F., & Van der Linden, M. (2002). Brain imaging of the central executive component of working memory. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 26*(2), 105-125.

Cooley, E. L., & Morris, R. D. (1990). Attention in children: A neuropsychologically based model for assessment.

Corapci, F., & Wachs, T. D. (2002). Does parental mood or efficacy mediate the influence of environmental chaos upon parenting behavior? *Merrill-Palmer Quarterly, 48*(2), 182-201.

Cornoldi, C., Gardinale, M., Masi, A., & Pettenò, L. (1996). Impulsività e autocontrollo : Interventi e Tecniche Metacognitive. *Trento: Erickson*.

Corsi, P. M. (1973). *Human memory and the medial temporal region of the brain.* ProQuest Information & Learning.

Cowan, N. (2012). *Working memory capacity*: Psychology press.

Cragg, L., & Chevalier, N. (2012). The processes underlying flexibility in childhood. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 65*(2), 209-232.

Crowell, J. A., & Feldman, S. S. (1988). Mothers' internal models of relationships and children's behavioral and developmental status: A study of mother-child interaction. *Child Development*, 1273-1285.

Dalen, L., Sonuga-Barke, E. J. S., Hall, M., & Remington, B. (2004). Inhibitory deficits, delay aversion and preschool AD/HD: implications for the dual pathway model. *Neural Plasticity, 11*(1-2), 1-11.

Davidson, M. C., Amso, D., Anderson, L. C., & Diamond, A. (2006). Development of cognitive control and executive functions from 4 to 13 years: Evidence from manipulations of memory, inhibition, and task switching. *Neuropsychologia, 44*(11), 2037-2078.

Deater-Deckard, K., Dodge, K. A., Bates, J. E., & Pettit, G. S. (1998). Multiple risk factors in the development of externalizing behavior problems: Group and individual differences. *Development and psychopathology, 10*(03), 469-493.

Deater-Deckard, K., Mullineaux, P. Y., Beekman, C., Petrill, S. A., Schatschneider, C., & Thompson, L. A. (2009). Conduct problems, IQ, and household chaos: A longitudinal multi-informant study. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 50*(10), 1301-1308.

Dempster, F. N. (1992). The rise and fall of the inhibitory mechanism: Toward a unified theory of cognitive development and aging. *Developmental Review, 12*(1), 45-75.

Derouesné, C. (2011). La fonction régulatrice du langage sur le comportement: l'œuvre de LS Vygotsky et AR Luria. *Gériatrie et Psychologie Neuropsychiatrie du Vieillissement, 9*(3), 355-362.

Desmarais, C., Sylvestre, A., Meyer, F., Bairati, I., & Rouleau, N. (2008). Systematic review of the literature on characteristics of late-talking toddlers. *International Journal of Language & Communication Disorders, 43*(4), 361-389.

DeWolfe, N. A., Byrne, J. M., & Bawden, H. N. (1999). Early clinical assessment of attention. *The Clinical Neuropsychologist, 13*(4), 458-473.

Diamond, A. (1985). Development of the ability to use recall to guide action, as indicated by infants' performance on AB. *Child Development*, 868-883.

Diamond, A. (2012). Activities and programs that improve children's executive functions. *Current Directions in Psychological Science, 21*(5), 335-341.

Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual review of psychology, 64*, 135.

Diamond, A. (2014). Understanding Executive Functions. *Perspectives on Language and Literacy, 40*(2), 7-11.

Diamond, A., Barnett, W. S., Thomas, J., & Munro, S. (2007). The early years: Preschool program improves cognitive control. *Science, 318*(5855), 1387-1388.

Diamond, A., & Gilbert, J. (1989). Development as progressive inhibitory control of action: Retrieval of a contiguous object. *Cognitive Development, 4*(3), 223-249.

Dowsett, S. M., & Livesey, D. J. (2000). The development of inhibitory control in preschool children: Effects of 'executive skills' training. *Developmental Psychobiology, 36*(2), 161-174.

Drugli, M. B., & Larsson, B. (2006). Children aged 4–8 years treated with parent training and child therapy because of conduct problems: generalisation effects to day-care and school settings. *European child & adolescent psychiatry, 15*(7), 392-399.

Drugli, M. B., Larsson, B., & Clifford, G. (2007). Changes in social competence in young children treated because of conduct problems as viewed by multiple informants. *European child & adolescent psychiatry, 16*(6), 370-378.

Dumas, J. E., LaFreniere, P. J., Capuano, F., & Durning, P. (1997). *Profil socio-affectif (PSA). Évaluation des compétences sociales et des difficultés d'adaptation des enfants de 2/1/2 à six ans*: Éditions du centre de psychologie appliquée, Paris.

Duncan, J. (1986). Disorganisation of behaviour after frontal lobe damage. *Cognitive Neuropsychology, 3*(3), 271-290.

Duncan, J., Emslie, H., Williams, P., Johnson, R., & Freer, C. (1996). Intelligence and the frontal lobe: The organization of goal-directed behavior. *Cognitive Psychology, 30*(3), 257-303.

Duncan, J., Johnson, R., Swales, M., & Freer, C. (1997). Frontal lobe deficits after head injury: Unity and diversity of function. *Cognitive Neuropsychology, 14*(5), 713-741.

Dunlosky, J., & Metcalfe, J. (2009). *Metacognition*. Thousand Oaks, CA SAGE Publications, Inc.

Engle, R. W., Kane, M. J., & Tuholski, S. W. (1999). Individual differences in working memory capacity and what they tell us about controlled attention, general fluid intelligence, and functions of the prefrontal cortex. *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control*, 102-134.

Espinet, S. D., Anderson, J. E., & Zelazo, P. D. (2013). Reflection training improves executive function in preschool-age children: Behavioral and neural effects. *Developmental cognitive neuroscience, 4*, 3-15.

Espy, K. A., Sheffield, T. D., Wiebe, S. A., Clark, C. A. C., & Moehr, M. J. (2011). Executive control and dimensions of problem behaviors in preschool children. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 52*(1), 33-46.

Fabiano, G. A., Pelham, W. E., Coles, E. K., Gnagy, E. M., Chronis-Tuscano, A., & O'Connor, B. C. (2009). A meta-analysis of behavioral treatments for attention-deficit/hyperactivity disorder. *Clinical Psychology Review, 29*(2), 129-140.

Fahie, C. M., & Symons, D. K. (2003). Executive functioning and theory of mind in children clinically referred for attention and behavior problems. *Journal of Applied Developmental Psychology, 24*(1), 51-73.

Farbiash, T., Berger, A., Atzaba-Poria, N., & Auerbach, J. G. (2014). Prediction of preschool aggression from DRD4 risk, parental ADHD symptoms, and home chaos. *Journal of Abnormal Child Psychology, 42*(3), 489-499.

Fearon, R. P., Bakermans-Kranenburg, M. J., Van IJzendoorn, M. H., Lapsley, A. M., & Roisman, G. I. (2010). The significance of insecure attachment and disorganization in the development of children's externalizing behavior: a meta-analytic study. *Child Development, 81*(2), 435-456.

Fischer, M., Barkley, R. A., Smallish, L., & Fletcher, K. (2005). Executive Functioning in Hyperactive Children as Young Adults: Attention, Inhibition, Response Perseveration, and the Impact of Comorbidity. *Developmental Neuropsychology, 27*(1), 107-133. doi:10.1207/s15326942dn2701_5

Flavell, J. H. (1976). Metacognitive aspects of problem solving. . In L. B. Resnick (Ed.), *The Nature of intelligence* (pp. 231-235). Hillsdale, N.J. : Lawrence Erlbaum Associates.

Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive–developmental inquiry. *American psychologist, 34*(10), 906.

Floyd, R. G., & Kirby, E. A. (2001). Psychometric properties of measures of behavioral inhibition with preschool-age children: Implications for assessment of children at risk for ADHD. . *Journal of Attention Disorders, 5*(2), 79-91. doi:10.1177/108705470100500202

Friedman, N. P., & Miyake, A. (2004). The relations among inhibition and interference control functions: a latent-variable analysis. *Journal of Experimental Psychology: General, 133*(1), 101.

Friedman, N. P., Miyake, A., Young, S. E., DeFries, J. C., Corley, R. P., & Hewitt, J. K. (2008). Individual differences in executive functions are almost entirely genetic in origin. *Journal of Experimental Psychology: General, 137*(2), 201.

Fry, A. F., & Hale, S. (2000). Relationships among processing speed, working memory, and fluid intelligence in children. *Biological psychology, 54*(1), 1-34.

Frye, D., Zelazo, P. D., & Palfai, T. (1995). Theory of mind and rule-based reasoning. *Cognitive Development, 10*(4), 483-527.

Gagné, P. P., & Longpré, L. P. (2004). *Apprendre… avec Réflecto*: Chenelière/McGraw Hill.

Gandolfi, E., Viterbori, P., Traverso, L., & Usai, M. C. (2014). Inhibitory processes in toddlers: a latent-variable approach. *Frontiers in psychology, 5*.

Garon, N., Bryson, S. E., & Smith, I. M. (2008). Executive function in preschoolers: a review using an integrative framework. *Psychological Bulletin, 134*(1), 31-60.

Garon, N., Moore, C., & Waschbusch, D. A. (2006). Decision making in children with ADHD only, ADHD-anxious/depressed, and control children using a child version of the Iowa Gambling Task. *Journal of Attention Disorders, 9*(4), 607-619.

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.

Gerstadt, C. L., Hong, Y. J., & Diamond, A. (1994). The relationship between cognition and action: performance of children 312–7 years old on a stroop-like day-night test. *Cognition, 53*(2), 129-153.

Gilbert, S. J., & Burgess, P. W. (2008). Executive function. *Current Biology, 18*(3), R110-R114.

Gioia, G. A. (2000). *Behavior rating inventory of executive function: Professional manual*: Psychological Assessment Resources, Incorporated.

Gomes, L., & Livesey, D. (2008). Exploring the link between impulsivity and peer relations in 5- and 6-year-old children. *Child: Care, Health and Development, 34*(6), 763-770. doi:10.1111/j.1365-2214.2008.00878.x

Goodman, R. (2001). Psychometric properties of the strengths and difficulties questionnaire. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry, 40*(11), 1337-1345.

Goyette, C. H., Conners, C. K., & Ulrich, R. F. (1978). Normative data on revised Conners parent and teacher rating scales. *Journal of Abnormal Child Psychology, 6*(2), 221-236.

Green, B. C., Johnson, K. A., & Bretherton, L. (2014). Pragmatic language difficulties in children with hyperactivity and attention problems: an integrated review. *International Journal of Language & Communication Disorders, 49*(1), 15-29.

Guedeney, A., & Dugravier, R. (2006). Les facteurs de risque familiaux et environnementaux des troubles du comportement chez le jeune enfant : Une revue de la littérature scientifique anglo-saxonne. *La psychiatrie de l'enfant, 49*, 227 à 278. doi:10.3917/psye.491.0227

Halperin, J. M., Marks, D. J., Bedard, A.-C. V., Chacko, A., Curchack, J. T., Yoon, C. A., & Healey, D. M. (2012). Training Executive, Attention, and Motor Skills: A Proof-of-Concept Study in Preschool Children With ADHD. *Journal of Attention Disorders*. doi:10.1177/1087054711435681

Happaney, K., Zelazo, P. D., & Stuss, D. T. (2004). Development of orbitofrontal function: Current themes and future directions. *Brain and Cognition, 55*(1), 1-10.

Harnishfeger, K. K. (1995). The development of cognitive inhibition. *Interference and inhibition in cognition*, 175-204.

Harper, G. W., & Ottinger, D. R. (1992). The Performance of Hyperactive and Control Preschoolers on a New Computerized Measure of Visual Vigilance: The Preschool Vigilance Task. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 33*(8), 1365-1372. doi:10.1111/j.1469-7610.1992.tb00956.x

Heller, T. L., Baker, B. L., Henker, B., & Hinshaw, S. P. (1996). Externalizing behavior and cognitive functioning from preschool to first grade: Stability and predictors. *Journal of Clinical Child Psychology, 25*(4), 376-387. doi:10.1207/s15374424jccp2504_3

Hersher, L. (1985). The effectiveness of behavior modification on hyperkinesis. *Child Psychiatry and Human Development, 16*(2), 87-96.

Hill, J. (2002). Biological, psychological and social processes in the conduct disorders. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 43*(1), 133-164.

Hinshaw, S. P. (1992). Externalizing behavior problems and academic underachievement in childhood and adolescence: Causal relationships and underlying mechanisms. *Psychological Bulletin, 111*(1), 127-155.

Hinshaw, S. P., & Anderson, C. A. (1996). Conduct and oppositional defiant disorder. In E. J. Marsh & R. A. Barkley (Eds.), *Child psychopathology* (pp. 108–149). New York: Guilford Press.

Hongwanishkul, D., Happaney, K. R., Lee, W. S. C., & Zelazo, P. D. (2005). Assessment of hot and cool executive function in young children: Age-related changes and individual differences. *Developmental Neuropsychology, 28*(2), 617-644.

Houssa, M., & Nader-Grobois, N. (submitted). Could training social cognition reduce externalizing behaviors in preschoolers and enhance their social adjustment?

Houssa, M., Volckaert, A. M. S., Nader-Grosbois, N., & Noël, M. P. (2014). *The link between preschooler's executive function and theory of mind*. Paper presented at the Sigg22 "Neuroscience and Education", Göttingen, Germany.

Hughes, C., Dunn, J., & White, A. (1998). Trick or treat?: Uneven understanding of mind and emotion and executive dysfunction in 'hard-to-manage' preschoolers. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines, 39*(7), 981-994.

Hughes, C., & Ensor, R. (2007). Executive function and theory of mind: Predictive relations from ages 2 to 4. *Developmental Psychology, 43*(6), 1447.

Hughes, C., & Ensor, R. (2008). Does executive function matter for preschoolers' problem behaviors? *Journal of Abnormal Child Psychology, 36*(1), 1-14.

Hughes, C., Ensor, R., Wilson, A., & Graham, A. (2009). Tracking executive function across the transition to school: A latent variable approach. *Developmental Neuropsychology, 35*(1), 20-36.

Hughes, C., & Ensor, R. A. (2009). How do families help or hinder the emergence of early executive function? *New directions for child and adolescent development, 2009*(123), 35-50.

Hughes, C., Oksanen, H., Taylor, A., Jackson, J., Murray, L., Caspi, A., & Moffitt, T. E. (2002). I'm gonna beat you!'SNap!: an observational paradigm for assessing young children's disruptive behaviour in competitive play. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 43*(4), 507-516.

Hughes, C., White, A., Sharpen, J., & Dunn, J. (2000). Antisocial, Angry, and Unsympathetic: "Hard-to-manage" Preschoolers' Peer Problems and Possible Cognitive Influences. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 41*(2), 169-179. doi:10.1111/1469-7610.00558

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.

Isquith, P. K., Crawford, J. S., Espy, K. A., & Gioia, G. A. (2005). Assessment of executive function in preschool-aged children. *Mental Retardation and Developmental Disabilities Research Reviews, 11*(3), 209-215.

Johnson, M. H. (1995). The inhibition of automatic saccades in early infancy. *Developmental Psychobiology, 28*(5), 281-291.

Jones, L. B., Rothbart, M. K., & Posner, M. I. (2003). Development of executive attention in preschool children. *Developmental Science, 6*(5), 498-504.

Karatekin, C. (2004). A test of the integrity of the components of Baddeley's model of working memory in attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD). *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 45*(5), 912-926.

Keenan, K., & Shaw, D. (1997). Developmental and social influences on young girls' early problem behavior. *Psychological Bulletin, 121*(1), 95.

Kerns, K. A., Eso, K., & Thomson, J. B. (1999). Investigation of a direct intervention for improving attention in young children with ADHD. *Developmental Neuropsychology, 16*(2), 273-295.

Klingberg, T., Fernell, E., Olesen, P. J., Johnson, M., Gustafsson, P., Dahlström, K., . . . Westerberg, H. (2005). Computerized training of working memory in children with ADHD - A randomized, controlled trial. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry, 44*(2), 177-186.

Klingberg, T., Forssberg, H., & Westerberg, H. (2002). Training of working memory in children with ADHD. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, 24*(6), 781-791.

Kochanska, G., Murray, K. T., & Harlan, E. T. (2000). Effortful control in early childhood: Continuity and change, antecedents, and implications for social development. *Developmental Psychology, 36*(2), 220-232. doi:10.1037/0012-1649.36.2.220

Kofler, M. J., Rapport, M. D., Sarver, D. E., Raiker, J. S., Orban, S. A., Friedman, L. M., & Kolomeyer, E. G. (2013). Reaction time variability in ADHD: a meta-analytic review of 319 studies. *Clinical Psychology Review, 33*(6), 795-811.

Konrad, K., Gauggel, S., Manz, A., & Schöll, M. (2000). Lack of inhibition: A motivational deficit in children with attention deficit/hyperactivity disorder and children with traumatic brain injury. *Child Neuropsychology, 6*(4), 286-296.

Korkman, M., Kirk, U., & Kemp, S. (1998). *NEPSY: A developmental neuropsychological assessment*: Psychological Corporation.

Kramarski, B., & Mevarech, Z. R. (2003). Enhancing mathematical reasoning in the classroom: The effects of cooperative learning and metacognitive training. *American Educational Research Journal, 40*(1), 281-310.

Krasny-Pacini, A., Chevignard, M., & Evans, J. (2014). Goal Management Training for rehabilitation of executive functions: a systematic review of effectivness in patients with acquired brain injury. *Disability and rehabilitation, 36*(2), 105-116.

Krasny-Pacini, A., Limond, J., Evans, J., Hiebel, J., Bendjelida, K., & Chevignard, M. (2014). Context-sensitive goal management training for everyday executive dysfunction in children after severe traumatic brain injury. *The Journal of head trauma rehabilitation, 29*(5), E49-E64.

Kusché, C. A., & Greenberg, M. T. (1994). *The PATHS (Promoting Alternative Thinking Strategies) curriculum.*: South Deerfield, MA : Channing-Bete Co.

LaFrenière, P. J., Dumas, J. E., Capuano, F., & Dubeau, D. (1992). Development and validation of the Preschool Socioaffective Profile. *Psychological assessment, 4*(4), 442.

Lawrence, V., Houghton, S., Douglas, G., Durkin, K., Whiting, K., & Tannock, R. (2004). Executive function and ADHD: A comparison of children's performance during neuropsychological testing and real-world activities. *Journal of Attention Disorders, 7*(3), 137-149.

Le Heuzey, M. F. (2004). Les traitements médicaux de l'enfant hyperactif. *Archives de pédiatrie, 11*(1), 64-69.

Lee, K., Bull, R., & Ho, R. M. H. (2013). Developmental changes in executive functioning. *Child Development, 84*(6), 1933-1953.

Lehto, J. E., Juujärvi, P., Kooistra, L., & Pulkkinen, L. (2003). Dimensions of executive functioning: Evidence from children. *British Journal of Developmental Psychology, 21*(1), 59-80.

Leon, A. C., Shear, M. K., Klerman, G. L., Portera, L., Rosenbaum, J. F., & Goldenberg, I. (1993). A comparison of symptom determinants of patient and clinician global ratings in patients with panic disorder and depression. *Journal of Clinical Psychopharmacology, 13*(5), 327-331.

Levine, B., Schweizer, T. A., O'Connor, C., Turner, G., Gillingham, S., Stuss, D. T., . . . Robertson, I. H. (2011). Rehabilitation of executive functioning in patients with frontal lobe brain damage with goal management training. *Frontiers in human neuroscience, 5*, 9.

Lijffijt, M., Kenemans, J. L., Verbaten, M. N., & van Engeland, H. (2005). A meta-analytic review of stopping performance in attention-deficit/hyperactivity disorder: deficient inhibitory motor control? *Journal of Abnormal Psychology, 114*(2), 216-222.

Livesey, D., Keen, J., Rouse, J., & White, F. (2006). The relationship between measures of executive function, motor performance and externalising behaviour in 5- and 6-year-old children. *Human Movement Science, 25*(1), 50-64.

Loeber, R., & Farrington, D. P. (2000). Young children who commit crime: Epidemiology, developmental origins, risk factors, early interventions, and policy implications. *Development and psychopathology, 12*(04), 737-762.

Luman, M., Oosterlaan, J., & Sergeant, J. A. (2005). The impact of reinforcement contingencies on AD/HD: A review and theoretical appraisal. *Clinical Psychology Review, 25*(2), 183-213.

Mahone, E. M., Pillion, J. P., Hoffman, J., Hiemenz, J. R., & Denckla, M. B. (2005). Construct validity of the auditory continuous performance test for preschoolers. *Developmental Neuropsychology, 27*(1), 11-33.

Manly, T., Anderson, V., Nimmo-Smith, I., Turner, A., Watson, P., & Robertson, I. H. (2001). The differential assessment of children's attention: The Test of Everyday Attention for Children (TEA-Ch), normative sample and ADHD performance. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 42*(08), 1065-1081.

Marakovitz, S. E., & Campbell, S. B. (1998). Inattention, impulsivity, and hyperactivity from preschool to school age: Performance of hard-to-manage boys on laboratory measures. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 39*(06), 841-851.

Mariani, M. A., & Barkley, R. A. (1997). Neuropsychological and academic functioning in preschool boys with attention deficit hyperactivity disorder. *Developmental Neuropsychology, 13*(1), 111-129. doi:10.1080/87565649709540671

Marquet-Doléac, J., Soppelsa, R., & Albaret, J. M. (2005). La rééducation du Trouble Déficit de l'Attention/Hyperactivité: approche psychomotrice. *Neuropsy news, 4*(3), 94-101.

Martinussen, R., Hayden, J., Hogg-Johnson, S., & Tannock, R. (2005). A meta-analysis of working memory impairments in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry, 44*(4), 377-384.

Masten, A. S., Roisman, G. I., Long, J. D., Burt, K. B., Obradović, J., Riley, J. R., . . . Tellegen, A. (2005). Developmental cascades: linking academic achievement and externalizing and internalizing symptoms over 20 years. *Developmental Psychology, 41*(5), 733.

Matheny, A. P., Wachs, T. D., Ludwig, J. L., & Phillips, K. (1995). Bringing order out of chaos: Psychometric characteristics of the confusion, hubbub, and order scale. *Journal of Applied Developmental Psychology, 16*(3), 429-444.

McInerney, R. J., & Kerns, K. A. (2003). Time reproduction in children with ADHD: Motivation matters. *Child Neuropsychology, 9*(2), 91-108.

Melnick, S. M., & Hinshaw, S. P. (2000). Emotion regulation and parenting in AD/HD and comparison boys: Linkages with social behaviors and peer preference. *Journal of Abnormal Child Psychology, 28*(1), 73-86.

Merrell, K. W. (1996). Social-Emotional Assessment in Early Childhood The Preschool and Kindergarten Behavior Scales. *Journal of Early Intervention, 20*(2), 132-145.

Mervielde, I., De Clercq, B., De Fruyt, F., & Van Leeuwen, K. (2005). Temperament, personality, and developmental psychopathology as childhood antecedents of personality disorders. *Journal of Personality Disorders, 19*(2), 171-201.

Meunier, J. C., Roskam, I., Stievenart, M., van de Moortele, G., Browne, D. T., & Kumar, A. (2011). Externalizing behavior trajectories: The role of parenting, sibling relationships and child personality. *Journal of Applied Developmental Psychology, 32*(1), 20-33.

Meunier, J. C., Roskam, I., Stievenart, M., Van De Moortele, G., Browne, D. T., & Wade, M. (2012). Parental differential treatment, child's externalizing behavior and sibling relationships: Bridging links with child's perception of favoritism and personality, and parents' self-efficacy. *Journal of Social and Personal Relationships, 29*(5), 612-638.

Michel, J. A., Kerns, K. A., & Mateer, C. A. (2005). The effect of reinforcement variables on inhibition in children with ADHD. *Child Neuropsychology, 11*(3), 295-302.

Milich, R., & Loney, J. (1982). Hyperactivity, inattention, and aggression in clinical practice.

Miller, M. R., Giesbrecht, G. F., Müller, U., McInerney, R. J., & Kerns, K. A. (2012). A latent variable approach to determining the structure of executive function in preschool children. *Journal of Cognition and Development, 13*(3), 395-423.

Mischel, W., & Ebbesen, E. B. (1970). Attention in delay of gratification. *Journal of personality and social psychology, 16*(2), 329.

Miyake, A., & Friedman, N. P. (2012). The nature and organization of individual differences in executive functions four general conclusions. *Current Directions in Psychological Science, 21*(1), 8-14.

Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to Complex "Frontal Lobe" Tasks: A Latent Variable Analysis. *Cognitive Psychology, 41*(1), 49-100.

Moffit, T. E. (1993). The neuropsychology of conduct disorder. *Development and psychopathology, 5*, 135-151.

Moffitt, T. E., Arseneault, L., Belsky, D., Dickson, N., Hancox, R. J., Harrington, H. L., . . . Ross, S. (2011). A gradient of childhood self-control predicts health, wealth, and public safety. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 108*(7), 2693-2698.

Molina, B. S. G., Hinshaw, S. P., Swanson, J. M., Arnold, L. E., Vitiello, B., Jensen, P. S., . . . Abikoff, H. B. (2009). The MTA at 8 years: prospective follow-up of children treated for combined-type ADHD in a multisite study. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry, 48*(5), 484-500.

Monette, S., & Bigras, M. (2008). La mesure des fonctions exécutives chez les enfants d'âge préscolaire. *Canadian Psychology, 49*(4), 323-341.

Monette, S., Bigras, M., & Guay, M.-C. (2011). The role of the executive functions in school achievement at the end of Grade 1. *Journal of experimental child psychology, 109*(2), 158-173.

Morgan, A. B., & Lilienfeld, S. O. (2000). A meta-analytic review of the relation between antisocial behavior and neuropsychological measures of executive function. *Clinical Psychology Review, 20*(1), 113-136.

Moriguchi, Y., Lee, K., & Itakura, S. (2007). Social transmission of disinhibition in young children. *Developmental Science, 10*(4), 481-491.

Nader-Grosbois, N., Houssa, M., & Mazzone, S. (2013). How could Theory of Mind contribute to the differentiation of social adjustment profiles of children with externalizing behavior disorders and children with intellectual disabilities? *Research in developmental disabilities, 34*(9), 2642-2660.

Neubauer, A., Gawrilow, C., & Hasselhorn, M. (2012). The Watch-and-Wait Task: On the reliability and validity of a new method of assessing self-control in preschool children. *Learning and individual differences, 22*(6), 770-777.

Nigg, J. T. (2000). On inhibition/disinhibition in developmental psychopathology: views from cognitive and personality psychology and a working inhibition taxonomy. *Psychological Bulletin, 126*(2), 220.

Nigg, J. T., Carte, E. T., Hinshaw, S. P., & Treuting, J. J. (1998). Neuropsychological correlates of childhood attention- deficit/hyperactivity disorder: Explainable by

comorbid disruptive behavior or reading problems? *Journal of Abnormal Psychology, 107*(3), 468-480.

Nigg, J. T., Quamma, J. P., Greenberg, M. T., & Kusche, C. A. (1999). A Two-Year Longitudinal Study of Neuropsychological and Cognitive Performance in Relation to Behavioral Problems and Competencies in Elementary School Children. *Journal of Abnormal Child Psychology, 27*(1), 51-63. doi:10.1023/a:1022614407893

Nigg, J. T., Willcutt, E. G., Doyle, A. E., & Sonuga-Barke, E. J. S. (2005). Causal heterogeneity in attention-deficit/hyperactivity disorder: do we need neuropsychologically impaired subtypes? *Biological Psychiatry, 57*(11), 1224-1230.

Noël, M. P. (2009). Counting on working memory when learning to count and to add: a preschool study. *Developmental Psychology, 45*(6), 1630.

Noël, M. P. (unpublished-a). *Chat-Chien-Poisson*.

Noël, M. P. (unpublished-b). *Stroop monstre*.

Noël, M. P., Bastin, L., Schneider, J., & Pottelle, D. (2007). Rééducation neuropsychologique des troubles de l'attention et de l'inhibition chez l'enfant. *A.N.A.E., 19*(3), 156-162.

Norman, D., & Shallice, T. (1986). Attention to action: willed and automatic control of behavior.

Olson, S. L., Tardif, T., Miller, A., Felt, B., Grabell, A., Kessler, D., . . . Hirabayashi, H. (2011). Inhibitory Control and Harsh Discipline as Predictors of Externalizing Problems in Young Children: A Comparative Study of U.S., Chinese, and Japanese Preschoolers. *Journal of Abnormal Child Psychology, 39*(8), 1163-1175. doi:10.1007/s10802-011-9531-5

Oosterlaan, J., Logan, G. D., & Sergeant, J. A. (1998). Response Inhibition in AD/HD, CD, Comorbid AD/HD+CD, Anxious, and Control Children: A Meta-analysis of Studies with the Stop Task. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 39*(3), 411-425. doi:10.1111/1469-7610.00336

Oosterlaan, J., Scheres, A., & Sergeant, J. A. (2005). Which executive functioning deficits are associated with AD/HD, ODD/CD and comorbid AD/HD+ODD/CD? *Journal of Abnormal Child Psychology, 33*(1), 69-85.

Oosterlaan, J., & Sergeant, J. A. (1998). Effects of reward and response cost on response inhibition in AD/HD, disruptive, anxious, and normal children. *Journal of Abnormal Child Psychology, 26*(3), 161-174.

Owens, E. B., & Shaw, D. S. (2003). Predicting Growth Curves of Externalizing Behavior Across the Preschool Years. *Journal of Abnormal Child Psychology, 31*(6), 575-590. doi:10.1023/a:1026254005632

Palfrey, J. S., Levine, M. D., Walker, D. K., & Sullivan, M. (1985). The emergence of attention deficit in early childhood : A prospective study. *Journal of Developmental and Behavioral Pediatrics, 6*(6), 339-348. doi:10.1097/00004703-198512000-00004

Pauli-Pott, U., & Becker, K. (2011). Neuropsychological basic deficits in preschoolers at risk for ADHD: A meta-analysis. *Clinical Psychology Review, 31*(4), 626-637.

Pelphrey, K. A., & Reznick, J. S. (2003). Working memory in infancy. *Advances in child development and behavior, 31*, 173-231.

Pelphrey, K. A., Reznick, J. S., Davis Goldman, B., Sasson, N., Morrow, J. D., Donahoe, A., & Hodgson, K. (2004). Development of visuospatial short-term memory in the second half of the 1st year. *Developmental Psychology, 40*(5), 836.

Pennington, B. F., & Ozonoff, S. (1996). Executive Functions and Developmental Psychopathology. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 37*(1), 51-87. doi:10.1111/j.1469-7610.1996.tb01380.x

Perner, J., Kain, W., & Barchfeld, P. (2002). Executive control and higher-order theory of mind in children at risk of ADHD. *Infant and Child Development, 11*(2), 141-158.

Petrides, M., & Milner, B. (1982). Deficits on subject-ordered tasks after frontal-and temporal-lobe lesions in man. *Neuropsychologia, 20*(3), 249-262.

Pinon, K. (2007). *Métamémoire et dysfonctionnement exécutif: Etude clinique des niveaux de perturbation et réflexion sur les méthodes d'investigation de la métamémoire.* Université d'Angers.

Poissant, H. (2007). Le Programme Multidimensionnel de Remédiation Cognitive (PMRC). *Rapport Final*.

Ponitz, C. C., McClelland, M. M., Matthews, J. S., & Morrison, F. J. (2009). A structured observation of behavioral self-regulation and its contribution to kindergarten outcomes. *Developmental Psychology, 45*(3), 605.

Portrat, S., Camos, V., & Barrouillet, P. (2009). Working memory in children: A time-constrained functioning similar to adults. *Journal of experimental child psychology, 102*(3), 368-374.

Posner, M. I., & Petersen, S. E. (1990). The attention system of the human brain. *Annual review of neuroscience, 13*, 25-42.

Posner, M. I., & Presti, D. E. (1987). Selective attention and cognitive control. *Trends in Neurosciences, 10*(1), 13-17.

Posner, M. I., & Raichle, M. E. (1998). The neuroimaging of human brain function. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 95*(3), 763-764.

Raaijmakers, M. A. J., Smidts, D. P., Sergeant, J. A., Maassen, G. H., Posthumus, J. A., Van Engeland, H., & Matthys, W. (2008). Executive functions in preschool children with aggressive behavior: Impairments in inhibitory control. *Journal of Abnormal Child Psychology, 36*(7), 1097-1107.

Rabbitt, P. (2004). *Methodology of frontal and executive function*: Psychology Press.

Rapport, M. D., Orban, S. A., Kofler, M. J., & Friedman, L. M. (2013). Do programs designed to train working memory, other executive functions, and attention benefit children with ADHD? A meta-analytic review of cognitive, academic, and behavioral outcomes. *Clinical Psychology Review, 33*(8), 1237-1252.

Re, A., De Franchis, V., & Cornoldi, C. (2010). Working memory control deficit in kindergarten ADHD children. *Child Neuropsychology, 16*(2), 134-144.

Reef, J., Diamantopoulou, S., van Meurs, I., Verhulst, F. C., & van der Ende, J. (2011). Developmental trajectories of child to adolescent externalizing behavior and adult DSM-IV disorder: results of a 24-year longitudinal study. *Social psychiatry and psychiatric epidemiology, 46*(12), 1233-1241.

Rende, R. D. (1993). Longitudinal relations between temperament traits and behavioral syndromes in middle childhood. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry, 32*(2), 287-290.

Reynolds, C., & Kamphaus, R. (1992). Behavior Assessment System for Children: Manual. Circle Pines, MN: American Guidance Service: Inc.

Reznick, J. S., Morrow, J. D., Goldman, B. D., & Snyder, J. (2004). The onset of working memory in infants. *Infancy, 6*(1), 145-154.

Rhoades, B. L., Greenberg, M. T., & Domitrovich, C. E. (2009). The contribution of inhibitory control to preschoolers' social-emotional competence. *Journal of Applied Developmental Psychology, 30*(3), 310-320.

Rhodes, S. M., Coghill, D. R., & Matthews, K. (2006). Acute neuropsychological effects of methylphenidate in stimulant drug-naïve boys with ADHD II–broader executive and non-executive domains. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 47*(11), 1184-1194.

Richman, N., Stevenson, J., & Graham, P. (1982). *Pre-school to school: A behavioural study*. London: Academic Press.

Riggs, N. R., Blair, C. B., & Greenberg, M. T. (2003). Concurrent and 2-Year Longitudinal Relations Between Executive Function and the Behavior of 1st and 2nd Grade Children. *Child Neuropsychology, 9*(4), 267-276. doi:10.1076/chin.9.4.267.23513

Riggs, N. R., Greenberg, M. T., Kusché, C., & Pentz, M. (2006). The Mediational Role of Neurocognition in the Behavioral Outcomes of a Social-Emotional Prevention Program in Elementary School Students: Effects of the PATHS Curriculum. *Prevention Science, 7*(1), 91-102. doi:10.1007/s11121-005-0022-1

Robinson, L. R., Morris, A. S., Heller, S. S., Scheeringa, M. S., Boris, N. W., & Smyke, A. T. (2009). Relations between emotion regulation, parenting, and psychopathology in young maltreated children in out of home care. *Journal of Child and Family Studies, 18*(4), 421-434.

Roskam, I. (2013). *Comprendre les enfants difficiles. Mon enfant est insupportable*. Bruxelles: Mardaga.

Roskam, I., Brassart, E., Houssa, M., Loop, L., Mouton, B., Volckaert, A. M. S., & Mahau, P. (2015). "Show Me How Your Wrist Moves, and I Will Tell You How Active You Are!" Towards an Objective Measure of Preschoolers' Motor Activity. *Journal of Child and Adolescent Behavior, 3*(210), 2.

Roskam, I., Kinoo, P., & Nassogne, M. C. (2007). L'enfant avec troubles externalisés du comportement : approche épigénétique et développementale. *Neuropsychiatrie de l'Enfance et de l'Adolescence, 55*(4), 204-213. doi:10.1016/j.neurenf.2007.01.005

Roskam, I., Meunier, J.-C., & Stievenart, M. (2011). Parent attachment, childrearing behavior, and child attachment: Mediated effects predicting preschoolers' externalizing behavior. *Journal of Applied Developmental Psychology, 32*(4), 170-179.

Roskam, I., Meunier, J.-C., & Stiévenart, M. (2013). The comparison and combination of multi-informant and multi-method data on preschoolers' externalizing behaviour. *The International Journal of Educational and Psychological Assessment, 14*, 79-93.

Roskam, I., Meunier, J.-C., Stievenart, M., & Noël, M.-P. (2013). When there seem to be no predetermining factors: Early child and proximal family risk predicting externalizing behavior in young children incurring no distal family risk. *Research in developmental disabilities, 34*(1), 627-639.

Roskam, I., Meunier, J.-C., Stiévenart, M., & Van de Moortele, G. (2009a). Linking children's personal characteristics, externalizing behavior and relationships in family and social environments: Some developmental cascades.

Roskam, I., Meunier, J.-C., Stiévenart, M., & Van de Moortele, G. (2009b). Troubles externalisés du comportement et facteurs de résilience chez l'enfant. *Resilience, regulation and quality of life: concepts, assessment and intervention*, 45.

Roskam, I., Stiévenart, M., Brassart, E., Houssa, M., Loop, L., Mouton, B., . . . Schestraete, M.-A. (in press). The Unfair Card Game : a promising tool to assess externalizing behavior in preschoolers. *Pratiques Psychologiques*.

Roskam, I., Stievenart, M., Meunier, J.-C., & Noël, M.-P. (2014). The development of children's inhibition: Does parenting matter? *Journal of experimental child psychology, 122*, 166-182.

Roskam, I., Stiévenart, M., Meunier, J. C., Van de Moortele, G., Kinoo, P., & Nassogne, M. C. (2010). Comment les parents, les enseignants et les cliniciens évaluent les troubles du comportement externalisé du jeune enfant ? Étude de la variabilité des jugements évaluatifs et de son impact sur le développement de l'enfant. *Pratiques Psychologiques, 16*(4), 389-401. doi:10.1016/j.prps.2009.06.001

Roskam, I., Stiévenart, M., Meunier, J. C., Van de Moortele, G., Kinoo, P., & Nassogne, M. C. (2011). Le diagnostic précoce des troubles du comportement externalisé est-il fiable ? Mise à l'épreuve d'une procédure multi-informateurs et multiméthodes. *Pratiques Psychologiques, 17*(2), 189-200. doi:10.1016/j.prps.2009.07.001

Rosvold, H. E., Mirsky, A. F., Sarason, I., Bransome Jr, E. D., & Beck, L. H. (1956). A continuous performance test of brain damage. *Journal of consulting psychology, 20*(5), 343.

Röthlisberger, M., Neuenschwander, R., Cimeli, P., Michel, E., & Roebers, C. M. (2011). Improving executive functions in 5- and 6-year-olds: Evaluation of a small group intervention in prekindergarten and kindergarten children. *Infant and Child Development*. doi:10.1002/icd.752

Rowe, D. C., & Plomin, R. (1977). Temperament in early childhood. *Journal of personality assessment, 41*(2), 150-156.

Rowe, K. J., & Rowe, K. S. (1992). The Relationship between Inattentiveness in the Classroom and Reading Achievement (Part A): Methodological Issues. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry, 31*(2), 349-356.

Rueda, M. R., Fan, J., McCandliss, B. D., Halparin, J. D., Gruber, D. B., Lercari, L. P., & Posner, M. I. (2004). Development of attentional networks in childhood. *Neuropsychologia, 42*(8), 1029-1040.

Rueda, M. R., Rothbart, M. K., McCandliss, B. D., Saccomanno, L., & Posner, M. I. (2005). Training, maturation, and genetic influences on the development of executive attention. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 102*(41), 14931-14936.

Sanson, A., Hemphill, S. A., & Smart, D. (2004). Connections between temperament and social development: A review. *Social Development, 13*(1), 142-170.

Sarsour, K., Sheridan, M., Jutte, D., Nuru-Jeter, A., Hinshaw, S., & Boyce, W. T. (2011). Family socioeconomic status and child executive functions: the roles of language, home environment, and single parenthood. *Journal of the International Neuropsychological Society, 17*(01), 120-132.

Scheres, A., Oosterlaan, J., & Sergeant, J. A. (2001). Response inhibition in children with DSM-IV subtypes of AD/HD and related disruptive disorders: the role of reward. *Child Neuropsychology, 7*(3), 172-189.

Schmitt, S. A., McClelland, M. M., Tominey, S. L., & Acock, A. C. (2015). Strengthening school readiness for Head Start children: Evaluation of a self-regulation intervention. *Early Childhood Research Quarterly, 30*, 20-31.

Schmitz, S., Fulker, D. W., Plomin, R., Zahn-Waxler, C., Emde, R. N., & DeFries, J. C. (1999). Temperament and problem behaviour during early childhood. *International Journal of Behavioral Development, 23*(2), 333-355.

Schneider, W., Eschman, A., & Zuccolotto, A. (2002). E-Prime: User's guide: Psychology Software Incorporated.

Schoemaker, K., Bunte, T., Espy, K. A., Deković, M., & Matthys, W. (2014). Executive functions in preschool children with ADHD and DBD: an 18-month longitudinal study. *Developmental Neuropsychology, 39*(4), 302-315.

Schoemaker, K., Bunte, T., Wiebe, S. A., Espy, K. A., Deković, M., & Matthys, W. (2012). Executive function deficits in preschool children with ADHD and DBD. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 53*(2), 111-119.

Schoemaker, K., Mulder, H., Deković, M., & Matthys, W. (2013). Executive functions in preschool children with externalizing behavior problems: a meta-analysis. *Journal of Abnormal Child Psychology, 41*(3), 457-471.

Sergeant, J. A., Geurts, H., & Oosterlaan, J. (2002). How specific is a deficit of executive functioning for Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder? *Behavioural Brain Research, 130*(1–2), 3-28.

Shallice, T., & Burgess, P. W. (1991). Deficits in strategy application following frontal lobe damage in man. *Brain, 114*(2), 727-741.

Shaw, D. S., Lacourse, E., & Nagin, D. S. (2005). Developmental trajectories of conduct problems and hyperactivity from ages 2 to 10. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 46*(9), 931-942.

Shaw, D. S., Owens, E. B., Giovannelli, J., & Winslow, E. B. (2001). Infant and toddler pathways leading to early externalizing disorders. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry, 40*(1), 36-43.

Shue, K. L., & Douglas, V. I. (1992). Attention deficit hyperactivity disorder and the frontal lobe syndrome. *Brain and Cognition, 20*(1), 104-124. doi:doi: 10.1016/0278-2626(92)90064-S

Smeekens, S., Riksen-Walraven, J., & van Bakel, H. (2007). Multiple Determinants of Externalizing Behavior in 5-Year-Olds: A Longitudinal Model. *Journal of Abnormal Child Psychology, 35*(3), 347-361. doi:10.1007/s10802-006-9095-y

Sonuga-Barke, E. J. S. (2002). Psychological heterogeneity in AD/HD—a dual pathway model of behaviour and cognition. *Behavioural Brain Research, 130*(1), 29-36.

Sonuga-Barke, E. J. S. (2005). Causal models of attention-deficit/hyperactivity disorder: from common simple deficits to multiple developmental pathways. *Biological Psychiatry, 57*(11), 1231-1238.

Sonuga-Barke, E. J. S., Brandeis, D., Holtmann, M., & Cortese, S. (2014). Computer-based cognitive training for ADHD: a review of current evidence. *Child and adolescent psychiatric clinics of North America, 23*(4), 807-824.

Sonuga-Barke, E. J. S., Dalen, L., Daley, D., & Remington, B. (2002). Are Planning, Working Memory, and Inhibition Associated With Individual Differences in Preschool ADHD Symptoms? *Developmental Neuropsychology, 21*(3), 255-272. doi:10.1207/s15326942dn2103_3

Speltz, M. L., DeKlyen, M., Calderon, R., Greenberg, M. T., & Fisher, P. A. (1999). Neuropsychological characteristics and test behaviors of boys with early onset conduct problems. *Journal of Abnormal Psychology, 108*(2), 315-325.

Spira, E. G., & Fischel, J. E. (2005). The impact of preschool inattention, hyperactivity, and impulsivity on social and academic development: A review. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 46*(7), 755-773.

Stevens, J., Quittner, A. L., Zuckerman, J. B., & Moore, S. (2002). Behavioral Inhibition, Self-Regulation of Motivation, and Working Memory in Children With Attention Deficit Hyperactivity Disorder. *Developmental Neuropsychology, 21*(2), 117-139. doi:10.1207/s15326942dn2102_1

Stone, L. L., Otten, R., Engels, R. C., Vermulst, A. A., & Janssens, J. M. (2010). Psychometric properties of the parent and teacher versions of the strengths and difficulties questionnaire for 4-to 12-year-olds: a review. *Clinical child and family psychology review, 13*(3), 254-274.

Swanson, J. M., Nolan, E. E., & Pelham, W. E. (1992). SNAP-IV. *University of California (http://www.adhd.net/)*.

Tamm, L., Epstein, J. N., Peugh, J. L., Nakonezny, P. A., & Hughes, C. W. (2013). Preliminary data suggesting the efficacy of attention training for school-aged children with ADHD. *Developmental cognitive neuroscience, 4*, 16-28.

Tamm, L., Hughes, C., Ames, L., Pickering, J., Silver, C. H., Stavinoha, P., . . . Foxwell, A. (2009). Attention training for school-aged children with ADHD: Results of an open trial. *Journal of Attention Disorders*.

Tamm, L., & Nakonezny, P. A. (2015). Metacognitive executive function training for young children with ADHD: a proof-of-concept study. *ADHD Attention Deficit and Hyperactivity Disorders*, 1-8.

Tamm, L., Nakonezny, P. A., & Hughes, C. W. (2012). An open trial of a metacognitive executive function training for young children with ADHD. *Journal of Attention Disorders, 18*(6), 551-559.

Tamm, L., Narad, M. E., Antonini, T. N., O'Brien, K. M., Hawk Jr, L. W., & Epstein, J. N. (2012). Reaction time variability in ADHD: a review. *Neurotherapeutics, 9*(3), 500-508.

Tannock, R. (1998). Attention deficit hyperactivity disorder: Advances in cognitive, neurobiological, and genetic research. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines, 39*(1), 65-99.

Teong, S. K. (2003). The effect of metacognitive training on mathematical word-problem solving. *Journal of Computer Assisted Learning, 19*(1), 46-55.

Thomson, J. B., Kerns, K. A., Seidenstrang, L., Sohlberg, M. M., & Mateer, C. A. (1994). Pay attention. *Association for Neuropsychological Research and Development, Puyallup*.

Thorell, L. B. (2007). Do delay aversion and executive function deficits make distinct contributions to the functional impact of ADHD symptoms? A study of early academic skill deficits. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 48*(11), 1061-1070.

Thorell, L. B., Lindqvist, S., Nutley, S. B., Bohlin, G., & Klingberg, T. (2009). Training and transfer effects of executive functions in preschool children. *Developmental Science, 12*(1), 106-113.

Thorell, L. B., & Wåhlstedt, C. (2006). Executive functioning deficits in relation to symptoms of ADHD and/or ODD in preschool children. *Infant and Child Development, 15*(5), 503-518.

Traverso, L., Viterbori, P., & Usai, M. C. (2015). Improving executive function in childhood: evaluation of a training intervention for 5-year-old children. *Frontiers in psychology, 6*.

Trommer, B. L., Hoeppner, J.-A. B., Lorber, R., & Armstrong, K. J. (1988). The Go—No-Go paradigm in attention deficit disorder. *Annals of Neurology, 24*(5), 610-614. doi:10.1002/ana.410240504

Utendale, W. T., & Hastings, P. D. (2011). Developmental changes in the relations between inhibitory control and externalizing problems during early childhood. *Infant and Child Development, 20*(2), 181-193. doi:10.1002/icd.691

Utendale, W. T., Hubert, M., Saint-Pierre, A. B., & Hastings, P. D. (2011). Neurocognitive development and externalizing problems: the role of inhibitory control deficits from 4 to 6 years. *Aggressive Behavior, 37*(5), 476-488. doi:10.1002/ab.20403

Van der Linden, M., Meulemans, T., Seron, X., Coyette, F., Andrès Bénito, P., & Prairial, C. (2000). L'évaluation des fonctions exécutives. *Traité de neuropsychologie clinique: tome I.*

Van der Oord, S., Prins, P. J. M., Oosterlaan, J., & Emmelkamp, P. M. G. (2008). Efficacy of methylphenidate, psychosocial treatments and their combination in school-aged children with ADHD: a meta-analysis. *Clinical Psychology Review, 28*(5), 783-800.

van der Ven, S. H., Kroesbergen, E. H., Boom, J., & Leseman, P. P. (2013). The structure of executive functions in children: a closer examination of inhibition, shifting, and updating. *The British journal of developmental psychology, 31*(Pt 1), 70.

Van Nieuwenhoven, C. (2001). *Pourquoi tu joues? Rôle du jeu dans le développement de l'enfant.* Presses Universitaires de Louvain.

Van Schendel, C., Schelstraete, M.-A., & Roskam, I. (2013). Développement langagier et troubles externalisés du comportement en période préscolaire: quelles relations? *L'Année psychologique, 113*(03), 375-426.

Vanschoonlandt, F., Vanderfaeillie, J., Van Holen, F., De Maeyer, S., & Robberechts, M. (2013). Parenting stress and parenting behavior among foster mothers of foster children with externalizing problems. *Children and Youth Services Review, 35*(10), 1742-1750.

Verreault, M., Verret, C., Massé, L., Lageix, P., & Guay, M.-C. (2011). Impacts d'un programme d'interventions multidimensionnel conçu pour les parents et leur enfant ayant un TDAH sur le stress parental et la relation parent–enfant. *Canadian Journal of Behavioural Science/Revue canadienne des sciences du comportement, 43*(3), 150.

Volckaert, A. M. S., & Noël, M. P. (2015). Training Executive Function in Preschoolers Reduce Externalizing Behaviors. *Trends in Neuroscience and Education, 4*, 37-47.

Volckaert, A. M. S., & Noël, M. P. (in preparation). Executive function, chaos and temperament: specificities in preschoolers with externalizing behaviors.

von Stauffenberg, C., & Campbell, S. B. (2007). Predicting the early developmental course of symptoms of attention deficit hyperactivity disorder. *Journal of Applied Developmental Psychology, 28*(5), 536-552.

Vygotski, L. S. (1985). Langage et pensée. *Paris, Editions Sociales*.

Wåhlstedt, C., Thorell, L. B., & Bohlin, G. (2008). ADHD symptoms and executive function impairment: Early predictors of later behavioral problems. *Developmental Neuropsychology, 33*(2), 160-178.

Wakschlag, L. S., Briggs-Gowan, M. J., Carter, A. S., Hill, C., Danis, B., Keenan, K., . . . Leventhal, B. L. (2007). A developmental framework for distinguishing disruptive behavior from normative misbehavior in preschool children. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 48*(10), 976-987.

Webster-Stratton, C. (2007). Tailoring the Incredible Years Parent Programs according to children's developmental needs and family risk factors. *Handbook of parent training: Helping parents prevent and solve problem behaviors*, 305-344.

Wechsler, D. E. (2004). *WPPSI-III: Manuel d'interprétation*. Paris: Les Editions du Centre de Psychologie Appliquée.

Weissberg, R. P., Caplan, M. Z., & Bennetto, L. (1988). The Yale-New Haven middle-school social problem solving (SPS) program. *New Haven, CT: Yale University*.

Westerberg, H., Hirvikoski, T., Forssberg, H., & Klingberg, T. (2004). Visuo-spatial working memory span: A sensitive measure of cognitive deficits in children with ADHD. *Child Neuropsychology, 10*(3), 155-161.

Wiebe, S. A., Espy, K. A., & Charak, D. (2008). Using confirmatory factor analysis to understand executive control in preschool children: I. Latent structure. *Developmental Psychology, 44*(2), 575.

Wiebe, S. A., Sheffield, T., Nelson, J. M., Clark, C. A., Chevalier, N., & Espy, K. A. (2011). The structure of executive function in 3-year-olds. *Journal of experimental child psychology, 108*(3), 436-452.

Willcutt, E. G., Doyle, A. E., Nigg, J. T., Faraone, S. V., & Pennington, B. F. (2005). Validity of the Executive Function Theory of Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: A Meta-Analytic Review. *Biological Psychiatry, 57*(11), 1336-1346.

Willoughby, M., Kupersmidt, J., Voegler-Lee, M., & Bryant, D. (2011). Contributions of hot and cool self-regulation to preschool disruptive behavior and academic achievement. *Developmental Neuropsychology, 36*(2), 162-180.

Willoughby, M. T., Wirth, R. J., & Blair, C. B. (2012). Executive function in early childhood: longitudinal measurement invariance and developmental change. *Psychological assessment, 24*(2), 418.

Wilson, B. A., Alderman, N., Burgess, P. W., Emslie, H., & Evans, J. J. (2003). Behavioural assessment of the dysexecutive syndrome (BADS). *Journal of Occupational Psychology, Employment and Disability, 5*(2), 33-37.

Ylvisaker, M. E. (1998). *Traumatic brain injury rehabilitation: Children and adolescents*: Butterworth-Heinemann.

Youngwirth, S. D., Harvey, E. A., Gates, E. C., Hashim, R. L., & Friedman-Weieneth, J. L. (2007). Neuropsychological abilities of preschool-aged children who display hyperactivity and/or oppositional-defiant behavior problems. *Child Neuropsychology, 13*(5), 422-443.

Zelazo, P. D., Craik, F. I. M., & Booth, L. (2004). Executive function across the life span. *Acta psychologica, 115*(2), 167-183.

Zelazo, P. D., Frye, D., & Rapus, T. (1996). An age-related dissociation between knowing rules and using them. *Cognitive Development, 11*(1), 37-63.

Zelazo, P. D., & Müller, U. (2002). Executive Function in Typical and Atypical Development In U. Goswami (Ed.), *Handbook of childhood cognitive development* (pp. 445-469). Oxford: Blackwell.

Zelazo, P. D., Müller, U., Frye, D., Marcovitch, S., Argitis, G., Boseovski, J., . . . Sutherland, A. (2003). The development of executive function in early childhood. *Monographs of the society for research in child development*, i-151.