



HAL
open science

Amélioration du contrôle impulsif chez les adolescents avec un trouble de l'attention avec hyperactivité (TDAH) ayant suivi une thérapie cognitive comportementale

A. Grandjean, I. Suarez, A. Miquée, D. da Fonseca, Laurence Casini

► To cite this version:

A. Grandjean, I. Suarez, A. Miquée, D. da Fonseca, Laurence Casini. Amélioration du contrôle impulsif chez les adolescents avec un trouble de l'attention avec hyperactivité (TDAH) ayant suivi une thérapie cognitive comportementale. *L'Encéphale*, 2022, 48 (2), pp.148-154. 10.1016/j.encep.2021.02.009 . hal-03674571

HAL Id: hal-03674571

<https://hal.science/hal-03674571v1>

Submitted on 22 Jul 2024

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

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



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial 4.0 International License

**Amélioration du contrôle impulsif chez les adolescents avec un trouble de l'attention
avec hyperactivité (TDAH) ayant suivi une thérapie cognitive comportementale**

**Improvement of the impulsive control in adolescents with attention deficit hyperactivity
disorder (ADHD) after a cognitive behavioral therapy**

Aurélie Grandjean¹, Isabel Suarez¹, Aline Miquée², David DaFonseca², Laurence Casini¹

1. Laboratoire de Neurosciences Cognitives, FR 3C, Aix-Marseille Université, CNRS, Marseille, France
2. Service de Psychiatrie infanto-juvénile, Hôpital Salvator, Marseille, France

Auteur correspondant :

Laurence Casini

Adresse : LNC, FR 3C, Case C

3 place Victor Hugo

13331 Marseille cedex 3, France

e-mail : laurence.casini@univ-amu.fr

Résumé

Au sein de notre service, nous travaillons avec un programme de thérapie cognitive comportementale centré sur les processus attentionnels. Les parents et éducateurs rapportent les effets positifs de celui-ci sur le comportement des adolescents avec un trouble de l'attention avec hyperactivité (TDAH) mais ses effets sur des processus cognitifs précis n'ont encore jamais été testés.

Cette étude s'intéresse à l'impact de ce programme sur le contrôle de l'impulsivité des adolescents avec un TDAH non traité. Nous avons utilisé la tâche de Simon (connue pour générer un conflit entre une réponse automatique et une réponse dirigée vers un but) et interprété les résultats dans le cadre théorique du modèle « Activation-suppression ». Ce cadre expérimental et théorique nous fournit un outil puissant et précis pour étudier le contrôle de l'impulsivité en dissociant l'activation et la suppression des actions impulsives, ce qui n'est quasiment jamais réalisé dans les études sur le contrôle de l'impulsivité. Vingt adolescents avec un TDAH non traité ont suivi le programme pendant 12 semaines et nous avons comparé leur performance avant et après la réalisation de ce programme.

Les résultats montrent que l'amélioration du contrôle de l'impulsivité observée en fin de session vient à la fois d'une diminution de la propension à déclencher des actions impulsives et d'une augmentation de l'efficacité des processus inhibiteurs. Ce programme pourrait donc se révéler une alternative pertinente à la médication stimulante, en particulier quand les parents sont réticents face à la médication ou quand leurs enfants présentent des effets secondaires trop importants.

Mots clés : TDAH; tâche de Simon; contrôle de l'impulsivité; thérapie cognitive comportementale

Abstract

Aim. MPH is the more often prescribed stimulant for Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD), but it has been estimated that 30% of patients do not adequately respond or cannot tolerate it. Therefore, some other therapies are needed, such as cognitive behavioral therapy. Cognitive behavioral therapy is an intervention proposed over several sessions and aimed at modifying behavior by teaching different techniques that participants can re-use to control their symptoms. In our Institute, we used a program centered on attentional and metacognitive functions. It consists of a series of workshops performed in group at the rate of one workshop of 90 minutes per week for 12 weeks. Positive effects on the behavior of adolescents with ADHD have been reported by parents and educators, but the effects of the program on specific cognitive processes have never been precisely investigated.

Method. In the present study, we evaluated the impact of the program on impulsive control in adolescents with ADHD who are known to present impaired impulsive control. Impulsive control is required each time there is a conflict between an inappropriate prepotent action and a goal-directed action. At an experimental level, impulsive control can be studied with conflict tasks, such as the Simon reaction time task. Interpreted within the theoretical framework of the so-called « Dual-process activation suppression » (DPAS) model, this task is a powerful conceptual and experimental tool to separately investigate the activation and inhibition of impulsive actions, which is almost never done in studies about impulsive control. Twenty adolescents followed the program and were tested before and at the end of the program by using dynamic analyses of performance associated with DPAS model.

Results. The results have shown an improvement of the impulsive control after three months of cognitive behavioral therapy, and this improvement was due to both a decrease of the propensity to trigger impulsive actions and an improvement of inhibitory processes efficiency.

Conclusion. This program could be a relevant alternative to the stimulant medication, more particularly when parents are reluctant with medication or when the adolescent suffers from important side effects.

Key words : ADHD; Simon task; impulsivity control; cognitive behavioral therapy

1. Introduction

Le trouble déficitaire de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDAH) est un des troubles neurodéveloppementaux les plus fréquemment diagnostiqués chez l'enfant, avec un taux de prévalence d'environ 5% (1). Il se manifeste dès l'enfance par les symptômes d'inattention, d'hyperactivité et d'impulsivité (2). Ces symptômes entraînent des déficits dans les domaines cognitifs, comportementaux et relationnels conduisant souvent à de grandes difficultés dans les apprentissages scolaires et les relations sociales et familiales, pouvant aller jusqu'à des comportements à risque et l'abus de substances illicites (3).

D'un point de vue comportemental, l'impulsivité est définie comme la prédisposition à réagir de façon automatique à des stimulations internes ou externes bien que ces réactions ne soient pas adaptées à la situation et puissent, par exemple, avoir des conséquences négatives (4). Selon De Young et collaborateurs (4), une action impulsive met en jeu deux processus indépendants : d'une part, une « urgence à agir » que l'on pourrait définir comme la force nous poussant à déclencher une action et que l'on appelle également une impulsion ou une action impulsive et, d'autre part, une incapacité à inhiber cette impulsion. Bien qu'il soit évident que pour mieux comprendre le contrôle de l'impulsivité, ces deux processus doivent être étudiés de manière dissociée, ce n'est quasiment jamais le cas, très probablement car cela nécessite de se placer dans un cadre expérimental et théorique précis.

Le contrôle de l'impulsivité est requis chaque fois qu'il existe un conflit entre une action automatique inappropriée et une action contrôlée dirigée vers un but. Sur le plan expérimental, ce type de situation est étudié grâce aux tâches de conflit, comme la tâche de temps de réaction de choix de Simon (5). Dans cette tâche, les sujets doivent appuyer sur un bouton le plus rapidement possible en fonction d'une caractéristique donnée du stimulus (par exemple, sa couleur) tout en ignorant sa position qui est une caractéristique non pertinente mais qui génère néanmoins l'activation d'une réponse automatique dans la main ipsilatérale

au stimulus. Il est classiquement observé que les temps de réaction ralentissent et le taux de réponses correctes chute lorsque la réponse requise est du côté opposé à la position du stimulus. On parle d'effet d'interférence. Il a été proposé que la position du stimulus, bien que non pertinente pour la réalisation de la tâche, active la réponse ipsilatérale par des processus automatiques et rapides tandis que la caractéristique pertinente du stimulus, par exemple sa couleur, active la réponse requise par des processus contrôlés et plus lents. Ainsi, dans les essais où la réponse requise est ipsilatérale au stimulus (essais congruents), la position et la couleur activent la même réponse, la facilitant. En revanche, dans les essais où la réponse requise est contralatérale au stimulus (essais incongruents), la position et la couleur activent chacune une route différente, ce qui est à l'origine d'un conflit et de l'effet d'interférence (6,7) (Figure 1).

La taille de l'effet d'interférence a souvent été utilisée pour mesurer l'efficacité du contrôle de l'impulsivité, mais elle ne permet pas de dissocier l'activation de la réponse impulsive et son inhibition, deux composantes indépendantes du contrôle de l'impulsivité. Cette dissociation n'est possible que si l'on utilise les analyses dynamiques de la performance développées dans le cadre du modèle de la « double -route avec suppression de l'activation automatique » (Dual-path activation suppression model, DPAS) (Figure 1b). Le modèle DPAS, proposé par Ridderinkhof (8,9), postule que, premièrement, la réponse activée automatiquement doit être supprimée et, deuxièmement, que cette suppression se met en place progressivement. Cette seconde hypothèse permet de faire des hypothèses précises sur l'évolution de la performance en fonction de la longueur des temps de réaction. En effet, si la suppression de la réponse automatique est progressive, on suppose que pour les TR les plus courts, l'inhibition n'aura pas le temps de se mettre en place et on s'attend à une augmentation du nombre d'erreurs, que l'on appelle les erreurs rapides. Au contraire, pour les TR les plus longs, l'inhibition sélective aura le temps de se mettre en place et donc l'effet d'interférence

sera réduit. Pour observer ces effets, une analyse dynamique de la précision, d'une part, et de l'effet d'interférence, d'autre part, doivent être réalisées (Figures 1c, 1d) (8,9).

Lorsque l'on représente graphiquement le taux de réponses correctes dans les essais incongruents en fonction de l'allongement des TR (Figure 1c), le taux d'erreurs rapides est indiqué par la valeur du premier point et est considéré comme une mesure fiable de la force des actions impulsives (8–10). Lorsque l'on représente graphiquement l'effet d'interférence en fonction de l'allongement des TR (Figure 1d), il est classiquement observé une courbe décroissante qui indique une diminution de l'effet d'interférence avec l'allongement des TR. La pente du dernier segment de la courbe est considérée comme une mesure fiable de l'efficacité de l'inhibition des actions impulsives (8–10). Cette méthodologie a déjà été utilisée pour étudier finement le contrôle de l'impulsivité aussi bien chez des populations contrôles (11,12) que dans certaines pathologies, comme par exemple la maladie de Parkinson (13–15) ou le syndrome de Tourette (16). Nous l'avons nous-mêmes utilisée récemment pour étudier l'effet du TDAH sur le contrôle de l'impulsivité chez des adolescents avec un TDAH (17) et nous avons pu observer que le TDAH dégradait le contrôle de l'impulsivité à la fois en augmentant la force des réponses impulsives et en réduisant leur inhibition.

L'objectif de la présente étude est d'utiliser cette méthodologie pour comprendre plus finement comment le programme de thérapie cognitive comportementale que nous utilisons dans notre service impacte le contrôle de l'impulsivité des adolescents avec un TDAH non traité. De manière générale, la thérapie cognitive comportementale (TCC) permet de modifier les comportements en enseignant différentes techniques que les participants peuvent réutiliser pour contrôler leurs symptômes (18–22). Nous avons adapté pour les adolescents le programme appelé PiFAM (Programme d'intervention sur les fonctions attentionnelles et métacognitives) (23) qui a déjà fait ses preuves avec des enfants de 10 à 14 ans. Le PiFAM, lui-même inspiré du programme Reflecto (24), basé sur la remédiation métacognitive, met

l'accent sur les problèmes d'attention ou d'impulsivité, ainsi que sur la régulation des émotions nécessaire au bon développement des apprentissages. Ses effets positifs sur le comportement des enfants et adolescents avec un TDAH ont été rapportés par les parents et éducateurs mais les effets de ce programme sur des processus cognitifs précis n'ont encore jamais été testés. Comme le relèvent différents auteurs (20,21,25), plusieurs programmes existent tels que les programmes *Attentix* (26), *Reflecto* (24), *CogFun* (27), ou encore plus récemment *Cogmed* (28,29), certainement tous très prometteurs mais il y a un manque certain de validation et, en particulier, d'études s'intéressant spécifiquement aux processus cognitifs améliorés par ces programmes.

2. Matériel et méthodes

2.1. Participants

Vingt adolescents avec un TDAH, n'ayant jamais eu de médication, ont accepté de participer à notre étude, mais seulement 13 (âgés de 12 à 15 ans ; âge moyen = 12,9 ans ; 9 garçons) ont suivi le programme de TCC correctement et sont allés jusqu'au bout de l'étude.

Les adolescents étaient tous suivis pour leur TDAH dans le service de psychiatrie juvéno-infantile de l'Hôpital Salvator à Marseille. Tous les enfants inclus dans l'étude présentaient les critères diagnostiques du DSM IV pour un TDAH de type combiné, ceci dans le but d'avoir un groupe le plus homogène possible. Tous les diagnostics ont été posés par un pédopsychiatre spécialisé dans le TDAH.

Les critères d'exclusion sont les suivants : trouble neurologique avéré, épisode psychotique, absence de consentement parental, QI inférieur à 80. Le QI a été évalué avec la forme courte de l'échelle d'intelligence de Wechsler (WISC-V) (30) incluant 4 sous tests : tests de vocabulaire, similarités, matrices et identification de concept.

2.2. Protocole expérimental

Tous les adolescents ont participé à deux sessions expérimentales, la première durant la semaine précédant le début du programme de TCC et la seconde durant la semaine suivant le dernier jour du programme de TCC qui a duré 3 mois. Dans chaque session expérimentale, les participants ont réalisé la tâche de Simon.

Stimuli et dispositif. Les adolescents sont confortablement assis face à un écran d'ordinateur localisé à 80cm de distance et sur lequel les stimuli apparaissent. Les réponses sont données à l'aide d'un dispositif constitué de deux boutons sur lesquels les participants doivent appuyer avec l'index droit ou gauche selon les essais. La délivrance des stimuli et le recueil des réponses sont contrôlés par un ordinateur. Les temps de réaction sont enregistrés à la milliseconde près.

Tâche et procédure. La tâche des sujets est d'appuyer sur le bouton de droite ou de gauche aussi rapidement et précisément que possible selon la couleur d'un stimulus. Chaque essai commence avec l'apparition d'un point de fixation central que les participants doivent fixer durant tout l'essai. Après un délai de 400 ms, un cercle de couleur rouge ou verte apparaît à gauche ou à droite du point de fixation. Les adolescents doivent appuyer brièvement sur le bouton de gauche ou de droite selon la couleur, rouge ou verte, du cercle. Après que l'expérimentateur a vérifié que toutes les instructions sont bien comprises, les sujets réalisent d'abord 24 essais correspondant à 12 essais congruents (CG) et 12 essais incongruents (IG) randomisés, pour se familiariser avec la tâche et stabiliser leur performance. Ensuite, 4 blocs de 48 essais sont présentés. Dans chaque bloc, il y a 24 stimuli rouges et 24 stimuli verts. Pour chaque couleur, il y a 12 essais CG et 12 essais IG. L'association couleur-réponse est

contrebalancée entre les participants. Les blocs sont séparés par une pause de 2 minutes.

L'expérience entière dure environ 25 min.

2.3. Description du programme de TCC

Le programme utilisé dans le service de psychiatrie juvénio-infantile de l'Hôpital Salvator de Marseille a été adapté par l'équipe de pédopsychiatres et neuropsychologues du service d'après le programme PiFAM (23). Comme d'autres programmes de remédiation cognitive (pour revues, 18,21), l'objectif de ce programme est de développer des compétences d'auto-régulation à la fois au niveau comportemental et cognitif. Il vise à renforcer le contrôle de l'impulsivité, la résistance à la distraction, la flexibilité mentale, la mémorisation, la planification, la gestion temporelle et le respect de soi et des autres.

Le programme consiste en une série d'ateliers suivis en groupe de 15 enfants maximum, à la fréquence d'un atelier de 90 minutes par semaine pendant 12 semaines. Les séances sont organisées en 5 étapes :

Etape 1. Présentation de l'ordre du jour, des règles de fonctionnement de l'atelier et de la mission proposée aux adolescents pour la séance. Cette mission ou défi vise à améliorer et consolider ce qui a été appris et expérimenté durant l'atelier.

Etape 2. Dans cette partie de l'atelier, les adolescents sont invités à découvrir et comprendre le fonctionnement du cerveau et les difficultés et problèmes associés au TDAH. Par exemple, ils sont amenés à découvrir leur propre profil de TDAH (c'est-à-dire leur sous-type), leurs forces et leurs faiblesses, et à réaliser qu'ils ont le pouvoir de changer certaines choses.

Etape 3. Durant cette étape, on entraîne les capacités de visualisation des adolescents par l'élaboration de représentations imagées ou la création d'images mentales ainsi que leurs capacités de verbalisation par le développement de discours internes et externes.

Etape 4. Cette partie est centrée sur la compréhension, l'exploration et l'entraînement des fonctions exécutives présentées sous la forme de personnages métaphoriques. Avec le « gestionnaire », les adolescents apprennent à estimer le temps nécessaire pour accomplir une tâche et à l'organiser avec leur propre planification. Avec le « détective », ils développent leurs capacités attentionnelles, le sens de l'observation et la recherche d'indices. Avec le « libraire », ils améliorent les processus de classification et de mémorisation de l'information. L'« artiste » leur apprend à être créatifs et à voir le monde avec différents points de vue, ce qui peut les aider à trouver de nouvelles solutions à un problème. L'« architecte » les aide à apprendre comment planifier un projet avant qu'il soit réalisé. Le « charpentier » représente le traitement séquentiel de l'information. Enfin, le « contrôleur » représente l'inhibition.

Etape 5. La dernière étape de la séance a pour but de leur faire utiliser tout ce qu'ils ont expérimenté et appris dans le cadre de la réalisation d'un projet collectif.

2.4. Analyses de la performance

Les TR aberrants, c'est-à-dire trop rapides (<150 ms) ou trop lents (>2000 ms) ont été exclus des analyses (en moyenne, moins d'1% des essais par participant). Les différentes variables analysées sont le TR moyen, le taux de précision, l'effet d'interférence (TR moyen ou taux de précision dans IG – TR moyen ou taux de précision dans CG), l'indice d'activation de la réponse impulsive et l'indice d'inhibition. Une analyse de variance incluant les facteurs Test (pré-TCC *versus* post-TCC) et Type d'essai (CG *versus* IG) a été réalisée sur le TR et le taux de précision. Des tests *t* de Student ont été réalisés sur les indices d'activation et d'inhibition des actions impulsives, calculés à partir des analyses de distribution des TR et de la précision (pour détails de la méthode voir (8,31)).

3. Résultats

3.1. Mesures globales de la performance

TR moyen. Comme illustré par la figure 2a, les adolescents sont plus rapides après la TCC (541 *versus* 617 ms ; $F_{1,12} = 11,9$; $p = 0,005$) et plus rapides dans les essais CG (558 ms) qu'IG (600 ms) ($F_{1,12} = 69,5$; $p < 0,0001$). L'effet d'interférence (la différence de TR entre les essais CG et IG) est plus petit après la TCC (24 ms) qu'avant (60 ms) (Interaction Test x Type d'essai : $F_{1,12} = 5,5$; $p = 0,03$).

Taux de précision. Comme illustré par la figure 2b, la TCC n'a pas d'effet sur la précision des adolescents (96,6 % *versus* 97 %) ($F_{1,12} = 0,5$; $p = 0,5$) mais comme attendu ils sont plus précis dans les essais CG (98 %) qu'IG (96 %) ($F_{1,12} = 12,4$; $p = 0,004$). L'effet d'interférence tend à être plus petit après la TCC (0,9%) qu'avant (3,5 %) (Interaction Test x Type d'essai : $F_{1,12} = 4,4$; $p = 0,06$).

3.2. Analyse dynamique de la performance

Indice d'activation des réponses impulsives. La comparaison des taux de précision des premiers quantiles des essais IG montre que les adolescents font moins d'erreurs rapides après la TCC (11,8%) qu'avant (20,2%) ($t_{12} = 2,2$; $p = 0,04$) (Figure 3a). Ceci suggère que la TCC diminue la force des réponses impulsives.

Indice d'inhibition des réponses impulsives. Comme on peut l'observer sur la figure 3b, l'effet d'interférence diminue avec l'allongement des TR après la TCC alors que ce n'est pas le cas avant la TCC. La comparaison de la pente du dernier segment des deux courbes révèle une différence significative ($t_{12} = 2,5$; $p = 0,03$). La courbe diminue nettement après la TCC et

devient même négative, ce qui n'est pas le cas avant la TCC (0,12 versus -0,18) ; ceci suggère que le programme améliore l'inhibition des actions impulsives.

4. Discussion

Le but de cette expérience était de comprendre comment un programme de TCC axé sur les fonctions attentionnelles et métacognitives (23) pour lequel il est rapporté un effet positif sur le comportement des adolescents avec un TDAH pouvait améliorer les processus impliqués dans le contrôle de l'impulsivité. Les résultats obtenus mettent plusieurs points en évidence.

Premièrement, les analyses des TR moyens et des taux de précision montrent que les adolescents améliorent leur performance après avoir suivi le programme pendant 12 semaines. En effet, ils sont plus rapides sans faire plus d'erreurs ce qui exclut une explication en termes de changement de stratégie (par exemple, les enfants auraient pu choisir de privilégier la vitesse par rapport à la précision) et confirme bien une amélioration de la performance. Deuxièmement, l'effet d'interférence diminue après la TCC, ce qui suggère une amélioration globale de leur contrôle de l'impulsivité. En revanche, ces données seules ne permettent pas de savoir si cette amélioration est due à une diminution de la force des actions impulsives et/ou à une meilleure capacité à les inhiber. Seuls les indices issus des analyses dynamiques de la performance permettent de préciser la nature des processus améliorés par la TCC.

L'analyse dynamique de l'effet d'interférence montre que, avant la TCC, celui-ci ne diminue pas même pour les TR les plus lents, ce qui indique un déficit d'inhibition des actions impulsives et confirme nos résultats précédents (17) et les données de la littérature (32–34) suggérant que les adolescents avec un TDAH présentent un déficit d'inhibition. En revanche, les données montrent une réduction de l'effet d'interférence pour les TR les plus longs après la TCC, ce qui suggère une suppression efficace de la réponse impulsive et donc une amélioration nette des performances d'inhibition après 12 semaines de TCC. Ces données

confirment celles d'études précédentes ayant montré que l'on pouvait améliorer les processus inhibiteurs par remédiation cognitive (pour revue, voir 18,35,36). L'analyse dynamique de la précision, quant à elle, révèle une diminution du taux d'erreurs rapides après la TCC, suggérant que le programme réduit la force des actions impulsives. Autrement dit, les adolescents seraient moins susceptibles de produire des actions impulsives en réponse à des stimuli saillants bien que non pertinents. Pour résumer, nos données montrent que la TCC améliore le contrôle de l'impulsivité des adolescents avec un TDAH à la fois en réduisant l'expression des actions impulsives et en améliorant l'efficacité de leur inhibition. Il semble donc que 12 semaines de TCC permettent aux adolescents de mieux contrôler leur impulsivité.

Ces résultats sont particulièrement intéressants si on les compare à ceux obtenus lorsque nous avons étudié les effets du méthylphénidate (MPH) sur le contrôle de l'impulsivité en utilisant le même cadre théorique et conceptuel (17). En effet, nous avons alors observé que le MPH améliorait l'inhibition sélective de la réponse impulsive mais sans réduire la force des actions impulsives. Or, dans la présente étude, nous observons que la TCC améliore à la fois l'expression et la suppression des réponses impulsives. Ainsi, bien que des études rapportent que la médication stimulante reste la plus efficace (37), nos résultats semblent plaider en faveur d'une meilleure efficacité de la TCC, au moins en ce qui concerne le contrôle de l'impulsivité.

Il est possible que le programme de TCC améliore ce contrôle en agissant de façon directe sur les processus mis en jeu, notamment l'inhibition, ou de façon indirecte en agissant sur d'autres processus cognitifs plus généraux pouvant eux-mêmes influencer le contrôle de l'impulsivité, comme par exemple l'attention. En effet, ce programme de TCC a été construit de manière à favoriser la compréhension et l'entraînement des fonctions exécutives incluant certes l'inhibition mais également d'autres fonctions cognitives telles que l'attention dont on

pense qu'elle pourrait agir sur le contrôle de l'impulsivité (31). Des études de remédiation cognitive s'intéressant aux processus inhibiteurs ont déjà suggéré que ceux-ci pouvaient être améliorés lorsqu'ils étaient ciblés directement (38,39) ou indirectement, l'attention ou la mémoire à court terme étant alors plus directement ciblée (25,40).

Il nous faut évidemment maintenant confirmer ces résultats, notamment en augmentant le nombre de sujets ; la grande difficulté dans ce genre d'expériences étant l'abandon des sujets en cours d'expérimentation. Il pourrait également être utile de rajouter un groupe contrôle dans lequel les sujets réalisent la tâche de Simon à 3 mois d'intervalles afin d'écarter un éventuel effet test-retest, bien que nous ayons déjà utilisé la tâche de Simon dans différentes études incluant plusieurs sessions et sans qu'une amélioration des processus impliqués dans le contrôle de l'impulsivité d'une session à l'autre soit reportée (41). Nous souhaiterions également évaluer les corrélations entre l'amélioration du contrôle de l'impulsivité et celui des différentes fonctions exécutives (inhibition, attention, planification, notamment). Enfin, il serait opportun de réaliser de nouveaux tests un mois et trois mois après l'arrêt de la TCC pour évaluer de potentiels effets à long terme car ceux-ci ne s'avèrent pas toujours efficaces, comme l'a montré une étude récente évaluant les effets du programme de remédiation *Cogmed* (42).

5. Conclusion

La méthodologie utilisée dans cette étude a permis une analyse fine des processus impactés par une TCC suivie par des adolescents pendant trois mois. Les résultats ont montré que l'amélioration du contrôle de l'impulsivité observée était due à la fois à une diminution de la propension à déclencher des actions impulsives et à une augmentation de l'efficacité des processus inhibiteurs. Par conséquent, un tel programme pourrait être une alternative pertinente à la médication stimulante, en particulier quand les parents sont réticents face à la médication ou quand leurs enfants présentent des effets secondaires trop importants. A minima, elle pourrait être utilisée en association avec la médication puisqu'il semble que les effets des traitements soient meilleurs quand la TCC est combinée à la prise de stimulants (37). Cette association pourrait être une façon de réduire le dosage et la durée du traitement pharmacologique (18,43,44). Il est à noter cependant que les symptômes et les performances cognitives d'enfants avec un TDAH ne sont pas toujours améliorés par les programmes de remédiation lorsque les enfants sont sous médication (29,45).

Déclaration de conflit d'intérêt

Nous déclarons que nous n'avons aucun conflit d'intérêt.

Remerciements

Nous souhaitons remercier les enfants ayant participé à cette étude ainsi que leurs parents.

Nous remercions également l'Université d'Aix-Marseille, le CNRS et le Service de Psychiatrie Juvéno-infantile de l'Hôpital Salvator à Marseille pour avoir permis la réalisation matérielle de ce travail.

Références

1. Polanczyk G, de Lima MS, Horta BL, Biederman J, Rohde LA. The Worldwide Prevalence of ADHD: A Systematic Review and Meta-regression Analysis. *American Journal of Psychiatry*. 2007;164(6):942-8.
2. American Psychiatric Association. Diagnostic and statistical manual of mental disorders. In: DSM IV-TR. Washington DC. Traduction française: manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux. Paris: Masson, 2004.
3. Becker SP, Luebke AM, Langberg JM. Co-occurring mental health problems and peer functioning among youth with attention-deficit/hyperactivity disorder: a review and recommendations for future research. *Clinical Child and Family Psychology Review*. 2012;15(4):279-302.
4. DeYoung CG, Cicchetti D, Rogosch FA, Gray JR, Eastman M, Grigorenko EL. Sources of cognitive exploration: Genetic variation in the prefrontal dopamine system predicts Openness/Intellect. *Journal of Research in Personality*. 2011;45(4):364-71.
5. Simon JR. Reactions toward the source of stimulation. *Journal of Experimental Psychology*. 1969;81(1):174-6.
6. Kornblum S. The way irrelevant dimensions are processed depends on what they overlap with: The case of Stroop- and Simon-like stimuli. *Psychological Research*. 1994;56(3):130-5.
7. Kornblum S, Hasbroucq T, Osman A. Dimensional overlap: Cognitive basis for stimulus-response compatibility--A model and taxonomy. *Psychological Review*. 1990;97(2):253-70.
8. Ridderinkhof KR. Activation and suppression in conflict tasks: empirical clarification through distributional analyses. In: *Common Mechanisms in Perception and Action Attention & Performance*. In W. Prinz & B. Hommel (Eds.). Oxford: Oxford University Press; 2002. p. 494-519.
9. Ridderinkhof KR. Micro- and macro-adjustments of task set: activation and suppression in conflict tasks. *Psychological Research*. 2002;66(4):312-23.
10. van den Wildenberg WPM, Wylie SA, Forstmann BU, Burle B, Hasbroucq T, Ridderinkhof KR. To Head or to Heed? Beyond the Surface of Selective Action Inhibition: A Review. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2010;4.
11. Burle B, van den Wildenberg WPM, Ridderinkhof KR. Dynamics of facilitation and interference in cue-priming and Simon tasks. *European Journal of Cognitive Psychology*. 2005;17(5):619-41.
12. Wijnen JG, Ridderinkhof KR. Response inhibition in motor and oculomotor conflict tasks: Different mechanisms, different dynamics? *Brain and Cognition*. 2007;63(3):260-70.

13. Fluchère F, Deveaux M, Burle B, Vidal F, van den Wildenberg WPM, Witjas T, et al. Dopa therapy and action impulsivity: subthreshold error activation and suppression in Parkinson's disease. *Psychopharmacology*. 2015;232(10):1735-46.
14. van Wouwe NC, Kanoff KE, Claassen DO, Spears CA, Neimat J, van den Wildenberg WPM, et al. Dissociable Effects of Dopamine on the Initial Capture and the Reactive Inhibition of Impulsive Actions in Parkinson's Disease. *Journal of Cognitive Neuroscience*. 2016;28(5):710-23.
15. Wylie SA, van den Wildenberg WPM, Ridderinkhof KR, Claassen DO, Wooten GF, Manning CA. Differential susceptibility to motor impulsivity among functional subtypes of Parkinson's disease. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*. 2012;83(12):1149-54.
16. Wylie SA, Claassen D, Kanoff K, Ridderinkhof KR, van den Wildenberg WPM. Impaired inhibition of prepotent motor actions in patients with Tourette syndrome. *Journal of Psychiatry & Neuroscience*. 2013;38(5):349-56.
17. Grandjean A, Suarez I, DaFonseca D, Casini L. Dissociable effects of ADHD and Methylphenidate treatment on the capture and the inhibition of impulsive actions [Internet]. *PsyArXiv*; 2020. Disponible sur: <https://osf.io/s8nqt>
18. Deforge H. Prise en charge des troubles attentionnels et exécutifs chez l'enfant. La remédiation cognitive: pratiques et perspectives. *Développements*. 2011;2:5-20.
19. Giroux S, Guay M-C. La remédiation cognitive et la remédiation métacognitive pour les personnes ayant un TDAH: deux stratégies d'intervention novatrices et pourquoi pas complémentaires? *Journal de Thérapie Comportementale et Cognitive*. 2010;20(3):87-92.
20. Marquet-Doléac J, Bange F, Franc N, Chagneau J, Nesensohn J. L'enfant agité et distrait: données actuelles sur le TDA/H. *Les entretiens de Bichat*. 2017;1-7.
21. Rigard C, Peyroux E, Morel A, Demily C. Remédiation cognitive en psychiatrie de l'enfant. *Approche neuropsychologique des apprentissages chez l'enfant*. 2016;1-8.
22. Parent V, Guay M-C. Données actuelles sur l'intervention auprès d'enfants présentant un trouble déficitaire de l'attention avec ou sans hyperactivité [Current data on intervention for children with attention deficit disorder with or without hyperactivity]. *Revue Québécoise de Psychologie*. 2010;31(1):117-36.
23. Lussier F, Giraudet Lelong F, CENOP, CRAN. PIFAM: Programme d'intervention sur les fonctions attentionnelles et métacognitives. Montréal: France : IRP; 2013.
24. Gagné PP, Longpré L-P. Apprendre... avec Réfecto. Module 3. Chenelière/McGraw Hill. 2004.
25. Tamm L, Epstein JN, Peugh JL, Nakonezny PA, Hughes CW. Preliminary data suggesting the efficacy of attention training for school-aged children with ADHD. *Developmental cognitive neuroscience*. 2013;4:16-28.
26. Caron A. Programme Attentix: gérer, structurer et soutenir l'attention en classe. Chenelière Education. 2001.

27. Hahn-Markowitz J, Manor I, Maeir A. Effectiveness of cognitive-functional (Cog-Fun) intervention with children with attention deficit hyperactivity disorder: a pilot study. *The American Journal of Occupational Therapy*. 2011;65(4):384-92.
28. Dentz A, Parent V, Gauthier B, Guay M-C, Romo L. L'entraînement de la mémoire de travail par le programme Cogmed et le TDAH. *Psychologie française*. 2016;61(2):139-51.
29. Dentz A, Guay M-C, Gauthier B, Romo L. Is the Cogmed program effective for youths with attention deficit/hyperactivity disorder under pharmacological treatment? *Applied Cognitive Psychology*. 2020;34(3):1-13.
30. Wechsler D. WISC-IV Echelle d'intelligence de Wechsler pour enfants et adolescents – quatrième édition. 2005.
31. Suarez I, Vidal F, Burle B, Casini L. A Dual-Task Paradigm to Study the Interference Reduction in the Simon Task. *Experimental Psychology*. 2015;62(2):75-88.
32. Barkley RA. Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions: Constructing a unifying theory of ADHD. *Psychological Bulletin*. 1997;121(1):65-94.
33. Ridderinkhof KR, Scheres A, Oosterlaan J, Sergeant JA. Delta Plots in the Study of Individual Differences: New Tools Reveal Response Inhibition Deficits in AD/HD That Are Eliminated by Methylphenidate Treatment. *Journal of Abnormal Psychology*. 2005;114(2):197-215.
34. Nigg JT. Is ADHD a disinhibitory disorder? *Psychological Bulletin*. 2001;127(5):571-98.
35. Marquet-Doléac J, Soppelsa R, Albaret J-M. Validation d'un protocole d'apprentissage de l'inhibition sur une population d'enfants avec Trouble de l'Attention/Hyperactivité. In: *Entretiens de Psychomotricité*. Expansion Formation et Editions. Paris; 2006. p.90-99.
36. Wells A. Detached mindfulness in cognitive therapy : A metacognitive analysis and ten techniques. *Journal of Rational-Emotive & Cognitive-Behavior Therapy*. 2005;23(4):337-55.
37. Reale L, Cartabia M, Zanetti M, Costantino MA, Canevini MP, Termine C, et al. Comorbidity prevalence and treatment outcome in children and adolescents with ADHD. *European Child & Adolescent Psychiatry*. 2017;26(12):1443-57.
38. Parent V. Utilisation de la remédiation cognitive comme stratégie d'intervention auprès d'enfants présentant des difficultés d'adaptation [Thèse de doctorat en psychologie]. Montréal, Canada: Université du Québec; 2010.
39. Chevalier N, Parent V, Rouillard M, Simard F, Guay M-C, Verret C. The impact of a motor-cognitive remediation program on attentional functions of preschoolers with ADHD symptoms. *Journal of Attention Disorders*. 2017;21(13):1121-9.
40. Klingberg T, Fernell E, Olesen PJ, Johnson M, Gustafsson P, Dahlström K, et al. Computerized training of working memory in children with ADHD - a randomized, controlled trial. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*. 2005;44(2):177-86.

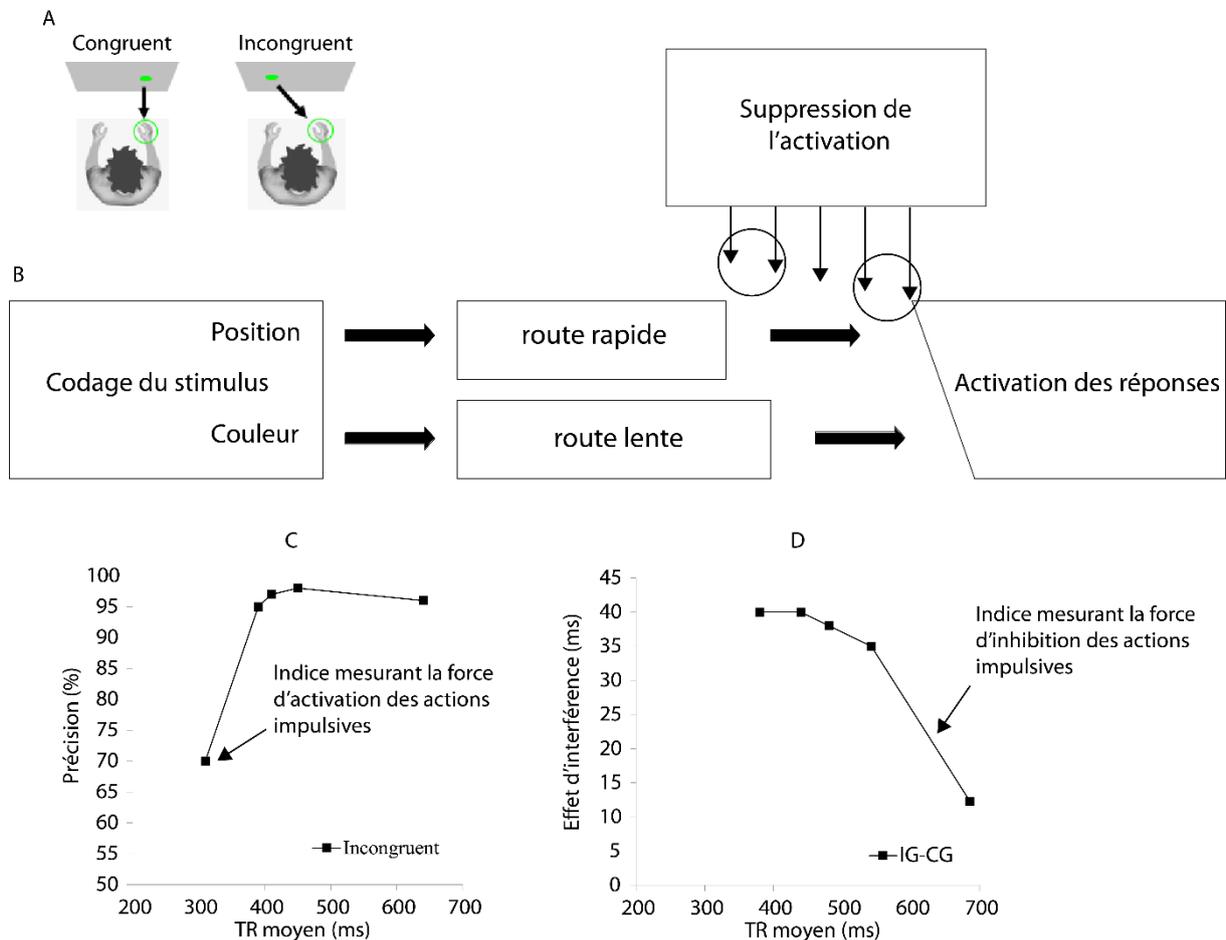
41. Pomportes L, Brisswalter J, Casini L, Hays A, Davranche K. Cognitive Performance Enhancement Induced by Caffeine, Carbohydrate and Guarana Mouth Rinsing during Submaximal Exercise. *Nutrients*. 2017;9(6):589.
42. Dentz A, Rivard C, Parent V, Gauthier B, Guay M-C, Romo L. Suivi à long terme des effets d'un entraînement de la mémoire de travail (Cogmed) auprès d'enfants présentant un TDA/H. *Neuropsychiatrie de l'enfance et de l'adolescence*. 2020;68(1):29-38.
43. Catalá-López F, Hutton B, Núñez-Beltrán A, Page MJ, Ridao M, Macías Saint-Gerons D, et al. The pharmacological and non-pharmacological treatment of attention deficit hyperactivity disorder in children and adolescents: A systematic review with network meta-analyses of randomised trials. *PLoS ONE*. 2017;12(7):e0180355.
44. Laporte P, Guay M-C. Programmes de remédiation cognitive pour le TDAH. In: *Trouble déficitaire de l'attention avec hyperactivité: Soigner, éduquer, surtout valoriser*. N. Chevalier, M.-C. Guay, A. Achim, P. Lageix, H. Poissant (Eds.). Québec: Presses de l'Université du Québec; 2006. p.189-205.
45. Van der Oord S, Prins PJM, Oosterlaan J, Emmelkamp PMG. Efficacy of methylphenidate, psychosocial treatments and their combination in school-aged children with ADHD: a meta-analysis. *Clinical Psychology Review*. 2008;28(5):783-800.

Figure 1. Cadre théorique. (A). Tâche de Simon. (B). Modèle de la double-route avec suppression de l'activation automatique (Dual-path activation suppression model, DPAS) proposé par Ridderinkhof (5). (C). Analyse dynamique du taux de précision. Cette courbe représente le taux de précision en fonction de la vitesse de réponse dans les essais incongruents. Elle est réalisée à partir de la fonction de précision conditionnelle (CAF) (5). (D). Analyse dynamique de l'effet d'interférence. Cette courbe représente la taille de l'effet d'interférence (TR moyen des essais incongruents – TR moyen des essais congruents) en fonction de la vitesse de réponse. C'est une courbe de différence construite à partir des analyses de distribution des TR pour les essais congruents et incongruents (5).

Figure 2. Performances globales. (A) Temps de réaction moyen et (B) taux de précision pour les essais congruents (CG) et incongruents (IG) avant (pré-TCC ; carrés blancs) et après (post-TCC ; carrés noirs) la thérapie cognitive comportementale. Les barres d'erreur représentent l'erreur standard moyenne.

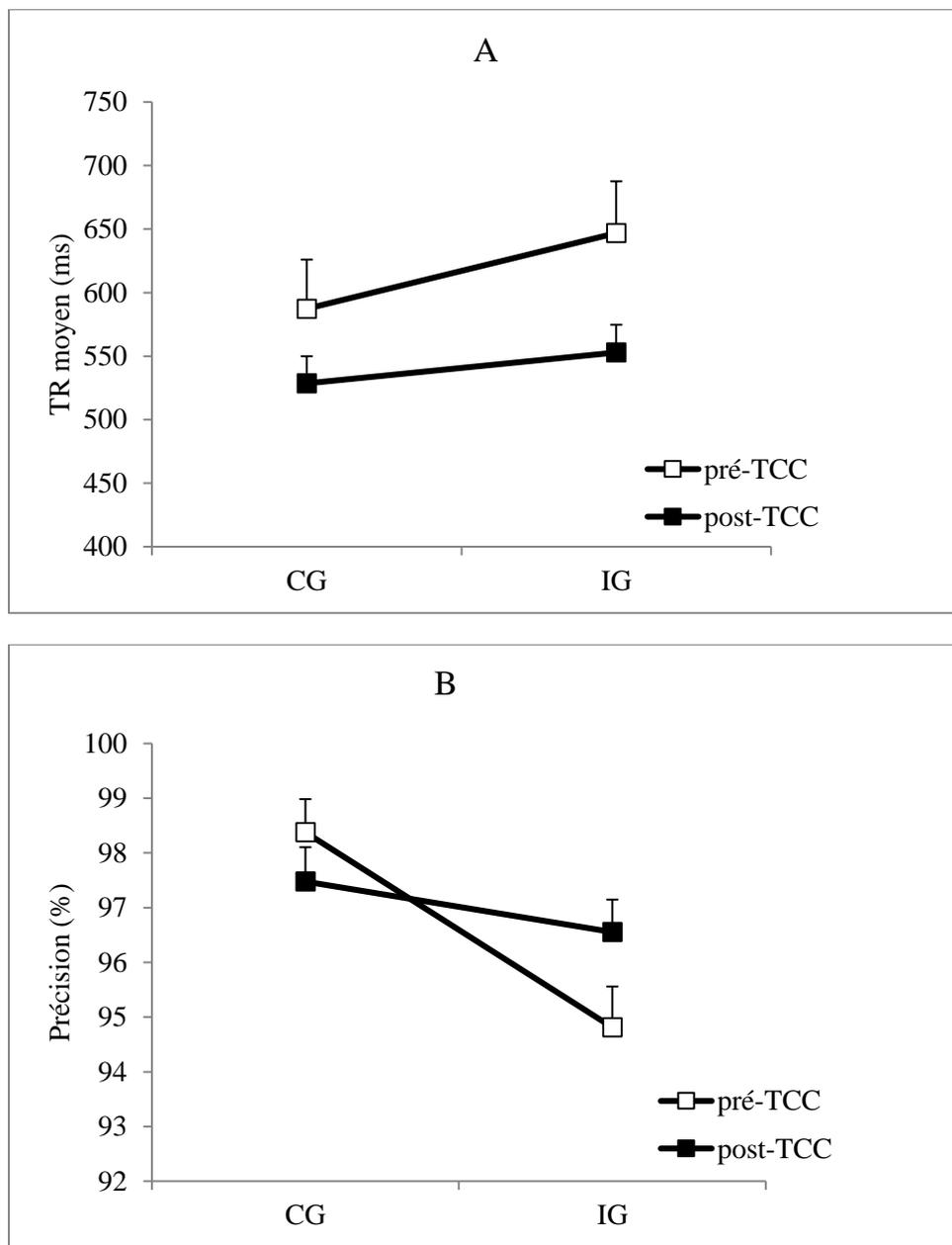
Figure 3. Analyses dynamiques de la performance. Indices mesurant l'activation (A) et l'inhibition (B) de la réponse impulsive avant (pré-TCC) et après (post-TCC) la TCC. L'indice d'activation (A) correspond à la valeur du premier point de la courbe représentant la fonction de précision conditionnelle (taux de précision en fonction des TR) dans les essais incongruents. L'indice d'inhibition (B) correspond à la pente du dernier segment de la courbe delta représentant l'effet d'interférence en fonction des TR.

Figure 1. Cadre théorique



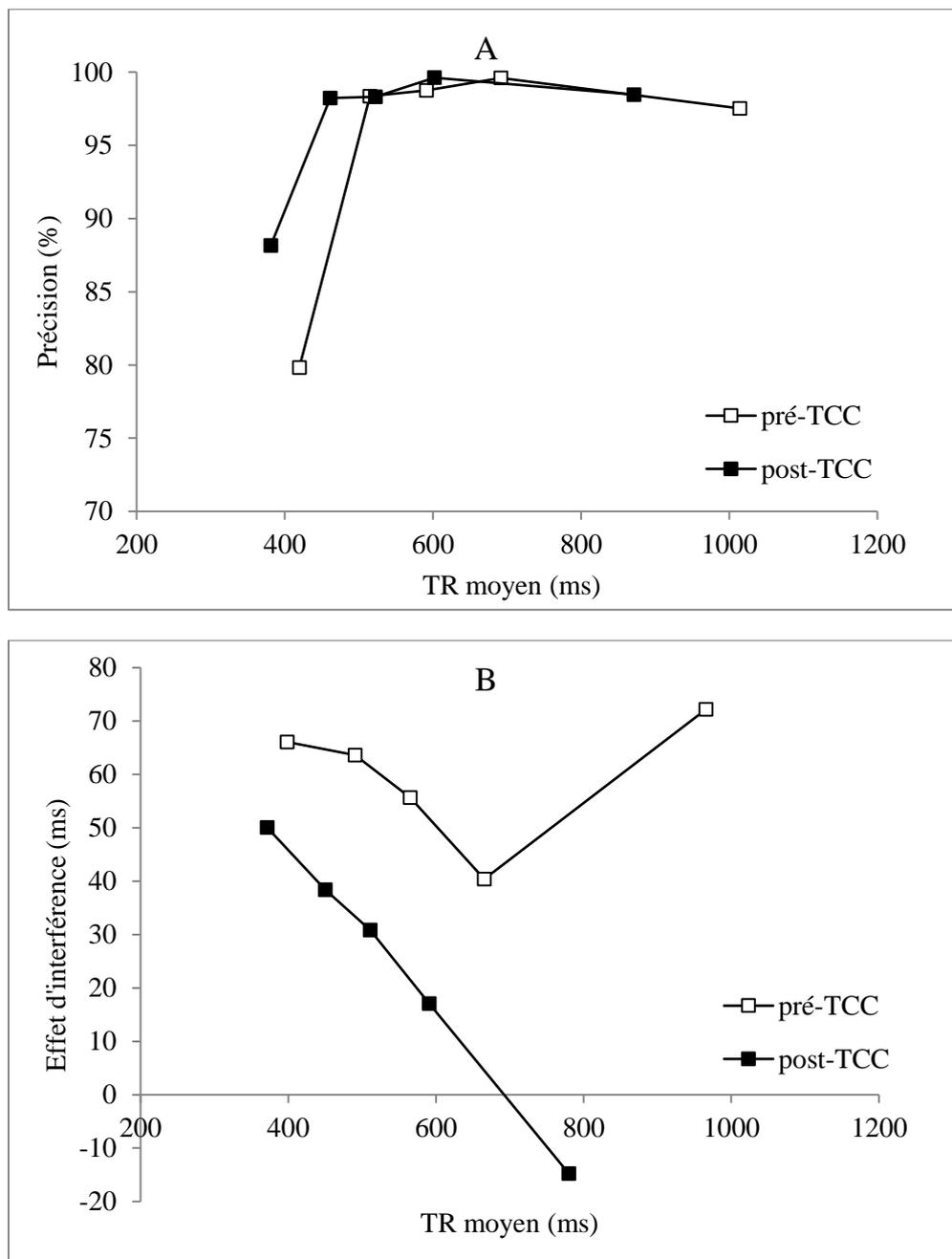
Note : (A). Tâche de Simon. (B). Modèle de la double-route avec suppression de l'activation automatique (Dual-path activation suppression model, DPAS) proposé par Ridderinkhof (5). (C). Analyse dynamique du taux de précision. Cette courbe représente le taux de précision en fonction de la vitesse de réponse dans les essais incongruents. Elle est réalisée à partir de la fonction de précision conditionnelle (CAF) (5). (D). Analyse dynamique de l'effet d'interférence. Cette courbe représente la taille de l'effet d'interférence (TR moyen des essais incongruents – TR moyen des essais congruents) en fonction de la vitesse de réponse. C'est une courbe de différence construite à partir des analyses de distribution des TR pour les essais congruents et incongruents (5).

Figure 2. Performances globales



Note : (A) Temps de réaction moyen et (B) taux de précision pour les essais congruents (CG) et incongruents (IG) avant (pré-TCC ; carrés blancs) et après (post-TCC ; carrés noirs) la thérapie cognitive comportementale. Les barres d'erreur représentent l'erreur standard moyenne.

Figure 3. Analyses dynamiques de la performance



Note : Indices mesurant l'activation (A) et l'inhibition (B) de la réponse impulsive avant (pré-TCC) et après (post-TCC) la TCC. L'indice d'activation (A) correspond à la valeur du premier point de la courbe représentant la fonction de précision conditionnelle (taux de précision en fonction des TR) dans les essais incongruents. L'indice d'inhibition (B) correspond à la pente du dernier segment de la courbe delta représentant l'effet d'interférence en fonction des TR.