

Entraînement de la mémoire de travail dans le trouble du spectre de l'autisme

Safae Sedjari

Mohammed El-Mir

safae.sedjari@usmba.ac.ma

mohammed.elmir1@usmba.ac.ma

Département de psychologie, Faculté des lettres et des sciences humaines Dhar El Mehrez, université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Fes, Maroc

Resumé

Cette étude s'intéressait à l'exploration de l'effet direct de l'entraînement de la mémoire de travail (MT) sur ses trois composantes, selon le modèle de Baddeley (1986), chez des personnes atteintes du trouble du spectre de l'autisme (TSA). Son objectif principal était d'examiner l'efficacité de ce traitement "neurocognitif" auprès de cette population. Un seul groupe de 15 enfants et adolescents a été recruté. Les participants ont effectué 40 sessions de remédiation en utilisant le programme "Cogmed RM" conçu à l'entraînement de la MT. Des évaluations ont été administrées avant l'intervention (pré-tests), directement après l'intervention (post-tests1) afin de mettre en évidence l'effet de la remédiation sur les trois composantes et 3 mois après l'arrêt de l'entraînement (post-tests 2) pour vérifier la persistance des acquis. Les tests utilisés sont: la tâche d'empan de chiffres direct pour l'évaluation de la boucle phonologique, le test de blocs de Corsi pour évaluer le calepin visuo-spatial, la tâche d'empan de chiffres envers et la tâche d'empan de chiffres modifié pour l'évaluation de l'administrateur central. L'analyse statistique a indiqué que l'entraînement de la MT a un effet positif important sur les trois composantes et que les améliorations acquises persistent 3 mois après l'achèvement de la remédiation.

Mots-clés: trouble du spectre de l'autisme; mémoire de travail; boucle phonologique; calepin visuo-spatial; administrateur central ; entraînement de la MT.

Working memory training in autism spectrum disorder

Safae Sedjari

Mohammed El-Mir

safae.sedjari@usmba.ac.ma

mohammed.elmir1@usmba.ac.ma

Department of Psychology, Faculty of Letters and Human Sciences Dhar Mahraz, Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Fes- Morocco

Resumé

This study explored the direct effect of working memory (WM) training on its three components, based on Baddeley's model (1986), in people with autism spectrum disorder (ASD). Its main objective was to examine the effectiveness of this "neurocognitive" treatment in this population. Only one group of 15 children and adolescents was recruited. The participants carried out 40 remedial sessions using the "Cogmed RM" program designed at the WM training. Evaluations were administered before the intervention (pre-tests), directly after the intervention (post-tests 1) to highlight the effect of remediation on the three components and 3 months after the training stop (post-tests 2) to check the persistence of the acquired. The tests used are: forward digit span for the evaluation of the phonological loop, the Corsi blocks test for the visuospatial sketchpad, the backward digit span and the modified digit span to evaluate the central executive. Statistical analysis indicated that the working memory training has a significant positive effect on all three components and that the improvements persist 3 months after the completion of remediation.

Keywords: Autism spectrum disorder; working memory; phonological loop; visuospatial sketchpad; central executive; WM training

Introduction

Le trouble du spectre de l'autisme est caractérisé, selon le Manuel Diagnostique et Statistique des Troubles Mentaux (DSM-5, 2013), par des déficits persistants de la communication et des interactions sociales, s'accompagnant de comportements restreints et répétitifs. D'après l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS, 2018), les études épidémiologiques effectuées ces cinquante dernières années montrent que la prévalence de ce trouble augmente à l'échelle mondiale, un enfant sur 160 en souffre. En raison de cette prévalence croissante, il est devenu nécessaire d'avancer les études à l'égard de cette affection notamment sur des interventions qui en peuvent avoir un impact positif. Pour cela, la portée de cette étude est considérable puisque d'une part elle porte sur un traitement non pharmacologique qui vise la bonification de la MT par le biais des exercices répétitifs auprès de la population autistique et d'une autre part, ce genre de remédiation est une nouvelle stratégie et il n'existe pas, sauf erreur, assez d'études dans la littérature scientifique correspondant à ce genre de thérapies chez ces personnes. La MT a été lié à la performance tel que le lecture ((El-Mir, 2017, 2020; Naciri & El-Mir, 2019); le rendement scolaire (El-Mir, 2019). La MT est altéré dans les troubles mentaux l'autisme (Guennach & El-Mir, 2019) et la dépression (Dahbi & El-Mir, 2000). Par conséquent, cette étude s'avère nécessaire pour amener davantage des preuves empiriques relatives à l'entraînement cognitif chez les sujets atteints du TSA. Comme il semble clair qu'elle peut être utile pour les cliniciens du domaine car elle met en avant l'intérêt de proposer de telle brève intervention dans le cadre de la prise en charge du TSA compte tenu l'analyse des résultats récoltés.

Déficit des fonctions exécutives dans le TSA

Depuis le début des années quatre-vingt-dix, de nombreux modèles neuropsychologiques explicatifs du TSA ont apparu (Lafontaine, 2015). Mais, malgré cela, un modèle conceptuel cohérent en mesure d'intégrer les divers déficits entre eux et avec les diverses manifestations cliniques n'a pas encore émergé (Frith, 2003; Surian, 2002). La théorie du déficit des fonctions exécutives est considérée l'une des théories neuropsychologiques principales explicatives des déficits caractérisant le TSA ou le travail de Damasio et Maurer (1978) représente l'une de ses sources. Ces deux chercheurs ont relié les caractéristiques de l'autisme à celles observées chez les patients avec des lésions frontales. Cette approche suppose que les personnes ayant un TSA ont un problème au niveau des FE. Effectivement, dans la revue de littérature sur les FE dans l'autisme conduite par Hill (2004), les chercheurs ont établi l'altération de deux sous domaines, la planification et la flexibilité. Quant à l'inhibition, les autistes n'en montrent pas des déficits (Russell, 1997). Malgré que la corrélation entre le trouble de ces fonctions et le déficit de l'interaction sociale repérée chez les autistes n'a pas été confirmée jusqu'à présent (Kenworthy et al., 2008), le trouble des FE peut être une explication théorique valide de la symptomatologie autistique, surtout en ce

qui concerne les comportements répétitifs et les intérêts restreints (Kenworthy et al., 2008; O'Hearn et al., 2008).

Concernant la mémoire de travail et malgré que les études neuropsychologiques se succèdent à ce propos depuis les travaux de Hermelin et O'Connor (1970), il n'est pas encore clair dans la littérature si les personnes autistes présentent réellement ou non des problèmes dans cette fonction, car les résultats sont contradictoires (Leclerc, 2016). Ces contradictions tiennent à la variabilité des tâches utilisées pour mesurer la MT chez ces personnes ainsi que les différences d'âges des participants aux études (Happé et al., 2006; Luna et al., 2007). S'ajoute à cela l'hétérogénéité de la population, car il n'existe pas un profil neuropsychologique "standard" des personnes avec TSA (Marcaggi et al., 2010) et aussi le fait d'inclure des autistes ayant des niveaux intellectuels très variables (Vogan et al., 2014). Certaines études ne mettent pas en évidence des perturbations de la MT, alors que d'autres en confirment (Marcaggi et al., 2010). Russel (1997) avance que les déficits dans les fonctions exécutives (qui incluent la MT) pourraient expliquer en partie les difficultés que présentent les enfants avec TSA. Les déficits de la MT et de l'inhibition pourraient expliquer en grande partie les problèmes observés dans la vie quotidienne de ces enfants (Gilloty et al., 2002), ces deux fonctions influencent le développement des autres (Pellicano, 2012a), car elles se développent même avant la flexibilité cognitive qui est la FE la plus complexe (Huizinga et al., 2006). Les déficits de la MT chez les personnes autistes semblent entraîner de nombreux problèmes liés à la régulation du comportement, la flexibilité mentale, le raisonnement abstrait (abstrait thinking), la concentration et l'attention soutenue (Hughes et al., 1994; Ozonoff & Mc Evoy, 1994; Ozonoff et al., 1991). De même, Gilotty et al. (2002) corroborent dans leur étude que les performances de la MT chez les sujets autistes sont négativement corrélées avec les problèmes d'adaptation, de comportement, de communication et de socialisation.

À cet effet, Kercood et al. (2014) ont réalisé une revue de littérature incluant 24 études ayant évalué la MT en utilisant des tâches neuropsychologiques et ont comparé les performances entre les personnes avec TSA et les neurotypiques. Une grande partie de ces études a rapporté des performances faibles chez les sujets autistes comparativement aux personnes NT. En effet, les personnes avec TSA commettent plus d'erreurs dans les tâches, ils ne penchent pas vers l'utilisation des stratégies et leurs performances tendent à diminuer lorsque la tâche est complexe ou comporte une haute charge cognitive. En outre, de nombreuses études ont démontré le déficit du centre exécutif chez les personnes avec TSA (Ozonoff et al., 1991; Prior & Hoffman, 1990; Rumsey & Hamburger, 1988).

Dans le même contexte, nous citons les travaux de Minshew et al. (2001, 2005) portant sur les capacités mnésiques d'adultes autistes de haut niveau et Asperger, qui leur ont permis de développer un modèle du TSA appelé "trouble de traitement des informations complexes". En appliquant ce modèle sur la MT et en se référant au modèle de Baddeley, Minshew et son équipe ont conclu une préservation de la boucle phonologique et une atteinte préférentielle du CVS et

cela dépend de la complexité du matériel (Marcaggi et al, 2010). Garcia et Sala (2002) confirment que les individus avec TSA montrent des moindres performances dans la double tâche en comparaison avec une seule tâche. Dans une autre étude, Ozonoff et al. (2001) ont utilisé une tâche de MT spatiale pour évaluer la performance des participants en fonction de différentes charges mnésiques. Les participants avec TSA et les NT devraient retenir 1, 2 ou 5 localisations spatiales de formes géométriques colorées. Les deux groupes ont réussi la tâche, alors que dans d'autres études (Landa & Goldberg, 2005; Steele et al., 2007) où les participants devraient mémoriser plus que 6 ou 8 items, les sujets avec TSA ont montré des performances inférieures par rapport aux sujets NT. Des études plus récentes utilisant une batterie de tests mnésiques passés par des enfants et adolescents avec TSA de haut niveau ont révélé chez eux une atteinte de la MT spatiale, alors que la MT verbale (séquences de lettres et de chiffres) était intacte (Gras-Vincendon et al., 2008).

Les études en IRMF menées sur la MT dans le TSA ne sont pas nombreuses (Molderez, 2018). Or, certains chercheurs ont découvert une activité cérébrale anormale chez les personnes ayant ce trouble lors de la réalisation des tâches de la MT (Koshino et al., 2005, 2008). Silk et al. (2006) ont révélé aussi un niveau d'activation moins élevé dans le CPF, plus précisément dans le CPDL, le cortex cingulaire antérieur et le noyau caudé. Ces régions sont connues par leur importance dans la MT chez les adultes et les adolescents (Barendse et al., 2013). Dans leur étude effectuée en 2005, Koshino et son équipe ont utilisé une tâche de N-Back verbale (composée de lettres évaluant la fonction de la mise à jour) sur des participants avec TSA et d'autres NT, ils ont déduit que le réseau de la MT des personnes autistes était moins étendu (comportait 8 régions activées), alors que celui des NT comportait 11 régions activées. Les sujets autistes mobilisent davantage l'hémisphère droit et les régions postérieures, suggérant un traitement de bas niveau d'ordre visuo-perceptif, en plus du phénomène de désynchronisation entre les différentes régions cérébrales qui peut limiter le traitement de haut niveau nécessitant l'intégration de multiples processus cognitifs. Ces résultats semblent relativement en concordance avec le pattern avancé par Minshew (Préservation de la boucle phonologique/atteinte de CVS), puisque les sujets autistes mobilisent plus les régions cérébrales sous-jacentes à la boucle phonologique. Ces mêmes conclusions ont été déduites chez les sujets autistes dits (savants) (koshino et al., 2005). Cela est confirmé aussi par une autre étude conduite par Vogan et al. (2014), chez des préadolescents avec TSA et des participants NT en utilisant aussi une tâche de N-Back mais avec couleurs. Cette étude a dévoilé des différences entre les deux groupes en fonction de l'augmentation de la charge cognitive. Les sujets NT ont recruté les régions frontales et pariétales, alors que les sujets avec TSA ont présenté des activations uniquement au niveau des régions visuelles postérieures du cerveau (Gyrus fusiforme droit et gauche et gyrus occipital médian). Les NT ont présenté une relation linéaire entre l'activité frontale et postérieure et l'augmentation de difficulté de la tâche, alors que cette relation est absente chez les participants avec TSA.

En conclusion, malgré la variabilité des résultats à propos de la MT dans le TSA (Travers et al., 2001), les déficits de la MT visuo-spatiale sont souvent rapportés dans ce trouble (Geurts et al., 2004; Kenworthy et al., 2008; Williams et al., 2005; Williams et al., 2006). Mais, les déficits dans la MT verbale semblent aussi évidents dans les tâches complexes (Williams et al., 2006). Ces résultats sont en concordance avec les données soulevées par les études en IRMF qui assurent des différences cérébrales en comparant les sujets autistes et les personnes NT telles qu'une diminution de l'activité préfrontale et une communication diminuée entre les régions frontales et pariétales lors de l'exécution des tâches de MT (Leclerc, 2016).

Problématique

Étant donné que l'une des plus grandes théories cognitives sur le TSA postule que les déficits des FE sont le problème sous-jacent à ce trouble et que différents auteurs ont confirmé l'impact négatif du dysfonctionnement exécutif sur le fonctionnement quotidien (Bourgeois et al. 2018); nous avons suggéré que l'entraînement cognitif, en particulier l'entraînement de la mémoire de travail peut être bénéfique pour les sujets atteints de cette pathologie pour s'interroger sur l'efficacité de cette intervention chez elles. De ce fait, les objectifs spécifiques de l'étude consistaient à : déterminer si la remédiation de la MT est largement possible auprès des personnes avec TSA, vérifier si elle est efficace dans le TSA, révéler si elle influence positivement toutes ses composantes selon le modèle de Baddeley (1986) ou bien d'une manière préférentielle, évaluer l'importance de son effet positif sur chacune de ses trois composantes et finalement examiner si les acquis suite à l'entraînement de la MT persistent 3 mois après l'achèvement du programme.

Sur la base de cette problématique, nous avons formulé les hypothèses suivantes:

- 1- L'entraînement de la MT augmente la capacité des 3 composantes de la MT (la boucle phonologique, le calepin visuo-spatial et l'administrateur central) dans le TSA.
- 2- L'entraînement de la MT a un effet positif important sur ces trois composantes de la MT dans le TSA.
- 3- Les effets de l'entraînement de la MT sur ces trois composantes persistent 3 mois après la fin du programme dans le TSA.

Concepts de l'étude

- **Mémoire de travail:** correspond à la capacité de stocker des informations pendant une brève période (quelques secondes) et de les manipuler afin de réaliser une tâche particulière.

- **Administrateur central:** contrôle l'attention, supervise et coordonne les deux sous-systèmes (la boucle phonologique et le calepin visuo-spatial).

- **Boucle phonologique:** un sous-système dédié au maintien des informations verbales pendant un court moment (environ 2 secondes).

- **Calepin visuo-spatial:** un sous-système destiné au stockage à court terme des informations visuo-spatiales.

- **Entraînement de la MT:** renvoie à une intervention visant l'amélioration de la MT par le biais des exercices répétitifs souvent informatisés et adaptés aux performances des individus.

- **Trouble du spectre de l'autisme:** est un trouble neurodéveloppemental qui touche principalement l'interaction et la communication sociale combinées à des comportements et des intérêts restreints et répétitifs. Il apparaît habituellement dans la petite enfance.

Études précédentes

Concernant l'entraînement de la MT dans le TSA, nous soulignons tout d'abord le manque des études empiriques qui auraient tenté de déterminer l'efficacité de l'entraînement de la MT dans le cadre du TSA, du fait que les études de l'entraînement cognitif auprès des individus porteurs de ce trouble sont très nouvelles.

D'une manière générale, l'entraînement de cette fonction est largement étudié chez des groupes cliniques et d'autres montrant un développement typique mais pas dans le TSA, l'absence des études relatives à l'entraînement de la MT chez la population autistique est remarquable (de Vries, 2015).

D'après Bourgeois (2017), seules 7 études utilisant l'entraînement cognitif ont été répertoriées auprès des sujets atteints du TSA. Une s'adresse aux adultes et les autres concernent les enfants de 6 à 12 ans. Mais, seulement 5 études portent sur l'entraînement de la MT. Bourgeois a élaboré une revue systématique relatant les interventions psychologiques de type cognitivo-comportemental dans la littérature scientifique concernant la population autistique, où elle a rassemblé ces études. On y trouve 3 études de Baltruschat et al. (2011a, 2011b, 2012), basées sur le renforcement positif, l'étude de de Vries et al. (2015) et celle menée par Miyajima et al. (2016).

L'étude de Baltruschat et al. (2011a) s'intéresse aux effets de l'entraînement de la MT sur le centre exécutif, menée sur 3 garçons présentant le TSA, âgés de 6, 9 et 11 ans. Elle est basée sur l'utilisation de l'empan de comptage (counting span) conçu à l'évaluation du centre exécutif et le renforcement positif. En effet, les chercheurs demandent aux participants de nommer le nombre de formes dessinées sur des cartons et de les mémoriser. À chaque bonne réponse, le participant bénéficie d'un renforcement positif de son choix et dans le cas d'une mauvaise réponse, il reçoit un commentaire verbal. À la suite de cet entraînement, la capacité de la MT des 3 participants augmente et les gains demeurent stables même en l'absence de renforcement. Dans leur seconde étude, Baltruschat et al. (2011b) utilisent une tâche d'empan complexe avec 3 enfants, âgés de 6 et 8 ans.

Ils leur demandent de se rappeler dans l'ordre les 8 images présentées et suivies d'une question de distraction (ex. est-ce que tu peux le manger ?). Les participants reçoivent un renforcement positif si la réponse est bonne et une rétroaction si la réponse est mauvaise. L'entraînement est fait 2 à 4 fois par jour, 2 à 3 jours par semaine. Une amélioration de la MT (le centre exécutif) est remarquée chez chacun des participants. Concernant la 3ème étude, Baltruschat et al. (2012) l'ont effectué sur 3 participants aussi, atteints du TSA et âgés de 6, 7 et 9 ans. Elle repose sur l'utilisation des tâches d'empan de chiffres envers avec renforcement, dans le but de mesurer la capacité des participants de stocker et traiter simultanément les informations. Pour cela, les chercheurs présentent une série de lettres sur ordinateur aux participants qui doivent les répéter dans l'ordre inverse. Chaque session de l'entraînement comprend 5 essais et a eu lieu de 2 à 4 fois par jour, de 2 à 3 jours par semaine. Le même protocole de renforcement est utilisé. Encore dans cette étude, une amélioration des performances en MT est notée après l'intervention.

L'étude de de Vries et al. (2015) repose sur l'utilisation de l'environnement virtuel, provenant du programme Braingame Brian, élaboré par Prins et al. (2013) et visant l'entraînement de la MT chez les enfants avec TDA/H. L'étude a été réalisée sur 40 enfants présentant le TSA non associé à l'épilepsie, âgés de 8 à 12 ans et avec $QI > 80$. Ces enfants ont bénéficié de 6 semaines d'entraînement de la MT, mais, seulement 31 enfants ont accompli 25 sessions d'entraînement. L'évaluation post intervention a révélé que l'entraînement a engendré un progrès minime chez les enfants qui ont achevé le programme et ce pour toutes les composantes de la MT.

Quant à la 5ème étude, elle est réalisée par Miyajima et al. (2016), ces chercheurs ont utilisé une thérapie de remédiation cognitive classique (papier, crayon, blocs ou jetons), plus précisément, un programme frontal/exécutif conçu à l'entraînement des FE, développé par Delahunty et Morice en 1993, formé de 3 modules : la flexibilité cognitive, la MT et la planification, qui dure presque 6 mois, soit 44 sessions. 15 sujets ont participé dans cette étude, répartis en deux groupes, un expérimental comportant 3 garçons et 4 filles et un groupe témoin comportant 5 garçons et 2 filles alors que le 15ème sujet a abandonné. L'évaluation post intervention a dévoilé des différences significatives dans la MT auditivo-verbale, la fluence verbale et la planification en faveur du groupe expérimental.

Au sujet de la persistance des acquis, seuls de Vries et al. (2015) ont présenté dans leur étude des données à ce propos. Ces chercheurs ont conclu que l'effet de l'entraînement de la MT, même s'il est marginal, se maintient 6 semaines après la fin du programme.

Démarche méthodologique

1. Outils de la recherche

Les outils utilisés dans cette recherche, soit les quatre tests conçus à l'évaluation de l'intégrité des composantes de la MT, à savoir : la tâche d'empan

de chiffres direct pour évaluer la boucle phonologique, le test de blocs de Corsi conçu à l'évaluation du calepin visuo-spatial, la tâche d'empan de chiffres envers et la tâche d'empan de chiffres modifié pour mesurer la capacité de l'administrateur central. En plus du programme informatisé "Cogmed RM" élaboré par Torkel Klingberg pour la remédiation de la mémoire de travail.

2. Échantillon de l'étude

15 participants atteints du TSA (niveau 1, 2 ou 3) ont été recrutés en se basant sur l'échantillonnage aléatoire simple. Leur diagnostic d'autisme a été établi par des pédiatres et psychologues ou par des pédopsychiatres. 12 participants ont accompli le programme de remédiation alors que seulement 8 ont passé les post-tests 2.

Le participant à l'étude devait être une personne autiste verbale, âgé entre 7 et 18 ans, sait manipuler un ordinateur et maîtrise les lettres et les chiffres de 0 à 9 en français, comme il ne devait pas présenter en association avec le TSA des troubles neurodéveloppementaux (handicaps intellectuels, troubles de communication, déficit de l'attention/hyperactivité, troubles spécifiques d'apprentissage) ou des troubles psychotiques (la schizophrénie, les troubles dépressifs et les troubles anxieux). Il ne devait pas aussi commencer ou arrêter, pendant l'entraînement, certains médicaments tels que les psychotropes et en cas de prise de traitements pharmacologiques, les doses doivent être stables depuis au moins deux mois.

3. Protocole expérimental

La démarche expérimentale adoptée dans la présente étude se repose sur l'utilisation d'un seul échantillon. Elle a consisté à évaluer la MT chez les participants à l'aide des tests présentés en haut (pré-tests), puis les soumettre au programme "Cogmed RM". Après l'achèvement de l'entraînement, les mêmes tests ont été effectués juste après la fin de la remédiation (post-tests 1) et 3 mois après (post-tests 2) afin de vérifier la validité des hypothèses avancées.

4. Déroulement de l'étude

Les participants ont été recrutés par l'intermédiaire d'une demande d'approbation d'une enquête de terrain transmise aux présidents de deux associations spécialisées dans l'autisme dont les sièges sociaux sont situés sur la ville de Fès.

Après avoir reçu une liste comportant les coordonnées des parents qui se sont montrés prêts à autoriser à leurs enfants de participer à l'étude, nous avons effectué le premier contact via une entrevue téléphonique vu la situation imposée par la pandémie COVID-19. Premièrement, l'étude était expliquée et après s'être assurés que le sujet correspondait aux critères d'inclusion déterminés, un premier rendez-vous était fixé afin de passer les tests relatifs à l'évaluation de la MT.

Les pré et post-tests ont été passés aux sièges des associations pour quelques participants alors que pour les autres, nous nous sommes déplacés à leurs

domiciles pour les faire passer. La durée moyenne de passation des 4 tests était de 30 minutes. Les rencontres ont été faites dans une pièce fermée et aérée en respectant les mesures de protection essentielles contre le COVID-19 (le port des masques et la distanciation physique) et étant donné les troubles d'attention des enfants avec TSA, la présence d'auxiliaire était nécessaire dans quelques cas.

Le suivi continu a été fait à distance par des appels téléphoniques ou des appels vidéo, si nécessaire, vu les circonstances imposées par la pandémie COVID-19. 8 entretiens téléphoniques hebdomadaires ont été planifiés, d'autres ont été effectués en cas de besoin.

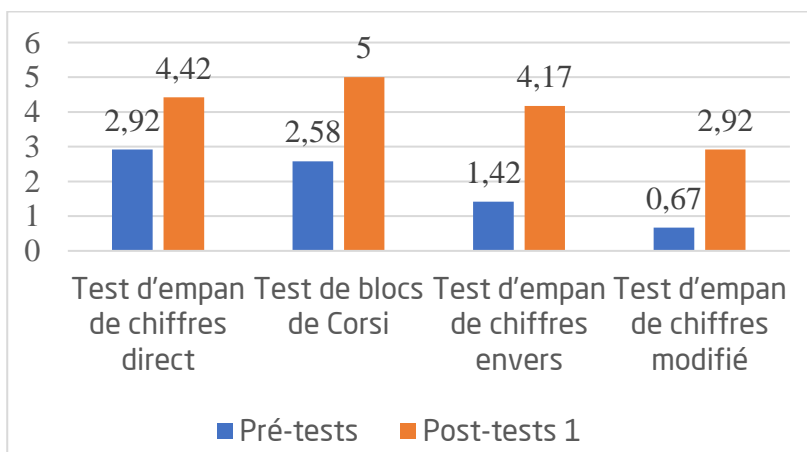
Resultats

Les résultats obtenus ont été analysés en utilisant le programme SPSS (Statistical Package for the Social Sciences). Nous avons procédé au calcul des moyennes, des écarts types et à l'application du test-t de Student apparié pour déterminer et comparer les différences entre les résultats des pré-tests et post-tests 1 et entre les post-tests 1 et post-tests 2, ainsi que le calcul de l'êta carré (η^2) pour déterminer la taille d'effet de la remédiation de la MT sur la capacité des 3 composantes.

Tableau 1. Résultats du test-t de Student apparié concernant les pré-tests et post-tests 1

	Éval.	Nb.	Moy.	Écart type	Ddl.	Vlr. T	Degré de signification	Décision
Empan de chiffres direct	Pré-test	12	2.92	1.621	11	2.691	0.021	Significative
	Post-test 1	12	4.42	2.429				
Blocs de Corsi	Pré-test	12	2.58	1.564	11	6.384	0.000	Significative
	Post-test 1	12	5.00	1.758				
Empan de chiffres envers	Pré-test	12	1.42	1.832	11	4.140	0.002	Significative
	Post-test 1	12	4.17	2.588				
Empan de chiffres modifié	Pré-test	12	0.67	1.231	11	3.576	0.004	Significative
	Post-test 1	12	2.92	2.275				

Figure 1. Différences statistiques entre les résultats des pré et post-tests 1



Le tableau (1) montre qu'il existe des différences statistiquement significatives au seuil de signification (0,05) entre les résultats des pré et post-tests¹ relatifs au test d'empan de chiffres direct chez les sujets avec TSA, puisque la valeur T est estimée à (2,691) au niveau de signification égal à (0,021), qui est une valeur statistiquement significative au seuil de signification (0,05). Ces différences sont en faveur des post-tests 1.

Il indique également des différences statistiquement significatives au seuil de signification (0,01) entre les résultats des pré et post-tests 1 relatifs aux trois derniers tests, puisque la valeur T est estimée à (6,384) au niveau de signification égal à (0,000) pour le test de blocs de Corsi, à (4,140) au niveau de signification égal à (0,002) pour le test d'empan de chiffres envers et à (3,576) au niveau de signification égal à (0,004) pour le test des chiffres modifié. Ces valeurs sont statistiquement significatives au seuil de signification (0,01) et les différences sont en faveur des post-tests 1.

Nous concluons, donc, que l'entraînement de la MT augmente la capacité des trois composantes; la boucle phonologique, le calepin visuo-spatial et l'administrateur central dans le TSA.

Tableau 2. Valeurs d'êta carré (η^2) et la taille d'effet de l'entraînement de la MT sur ses trois composantes

Tests	Coefficient de corrélation R	Valeur T	Degré de liberté DDL	Êta carré η^2	Taille d'effet
Empan de chiffres direct	0.610	2.691	11	0.397	Grande
Blocs de Corsi	0.694	6.384	11	0.787	Grande
Empan de chiffres envers	0.502	4.140	11	0.609	Grande
Empan de chiffres modifié	0.346	3.576	11	0.538	Grande

Il ressort clairement du tableau (2) que les valeurs d'êta carré (η^2) de tous les tests évaluant les trois composantes de la MT se situent entre (0,397) et (0,787) et chacune de ces valeurs reflète une grande taille d'effet, de ce fait, l'effet positif de l'entraînement de la MT sur les trois composantes est important.

Tableau 3. Résultats du test-t de Student apparié concernant les post-tests 1 et post-tests 2

	Éval.	Nb.	Moy.	Écart type	Ddl.	Vir. T	Degré de signification	Décision
Empan de chiffres direct	Post-tests 1	8	5.00	2.449	7	-0.168	0.871	Non significative
	Post-tests 2	8	5.13	3.137				
Blocs de Corsi	Post-tests 1	8	5.38	1.923	7	1.350	0.219	Non significative
	Post-tests 2	8	4.25	2.121				
Empan de chiffres envers	Post-test 1	8	4.75	2.375	7	0.540	0.606	Non significative
	Post-tests 2	8	4.25	3.105				
Empan de chiffres modifié	Post-test 1	8	3.00	2.449	7	0.482	0.644	Non significative
	Post-test 2	8	2.63	1.768				

Le tableau ci-dessus révèle qu'il n'existe pas des différences statistiquement significatives au seuil de signification (0,05) entre les résultats des post-tests 1 et post-tests 2, puisque la valeur T est estimée à (-0,168) pour le test d'empan de chiffres directs, à (1,350) pour le test de blocs de Corsi, à (0,540) pour le test d'empan de chiffres envers et à (0,482) pour le test d'empan de chiffres modifié, et toutes ces valeurs sont statistiquement non-significatives au seuil de signification (0,05). Les améliorations acquises suite à l'entraînement de la MT, donc, persistent 3 mois après la fin de la remédiation.

Discussion des résultats

Cette étude avait pour objectif général de vérifier l'efficacité de l'entraînement de la MT chez des personnes atteints du TSA. Les résultats obtenus sur la base de l'analyse statistique effectuée ont indiqué qu'il existe des différences statistiquement significatives entre les pré et post-tests 1, ce qui signifie que la remédiation de la MT augmente la capacité des trois composantes; la boucle phonologique, le calepin visuo-spatial et l'administrateur central. Ces résultats sont soutenus par les études précédentes portant sur le même sujet malgré la différence dans les programmes de remédiation utilisés. L'étude de Miyajima et al. (2016) a révélé que l'entraînement de la MT a un effet positif sur la boucle phonologique, celle de de Vries et al (2015) a rapporté des améliorations des 3 composantes, alors que les trois études de Baltruschat et al. (2011a, 2011b, 2012) ont démontré que la remédiation de la MT améliore les performances de l'administrateur central.

En effet, les résultats positifs de cette étude sont en accord avec le principe de l'entraînement de la MT, qui est défini comme étant une technique thérapeutique qui vise à améliorer ou élargir la capacité de ce système (Klingberg et al., 2005 ; Verhaeghen et al., 2004; Westerberg et al., 2007, cités dans Morrison & Chein, 2010). Ils peuvent être également expliqués par les modifications générées par cette intervention sur le circuit neuronal sous-jacent à la MT (Buanomano & Merzenich, 1998; Klingberg, 2010, cités dans Willemieck Wanmaker, 2014), qui montre une augmentation d'activation et une plasticité directe à cette remédiation (Olesen et al., 2003, cité dans Willemieck Wanmaker, 2014). Néanmoins, le nombre restreint des participants à la présente étude nous oblige à relativiser ces résultats, même si la taille de notre échantillon demeure plus grande que celles de quelques autres études.

Concernant l'importance de l'effet de l'entraînement de la MT sur ses composantes, les valeurs de l'êta carré ont indiqué que la taille d'effet de l'entraînement de la MT est importante pour les trois composantes. Même si les analyses statistiques des études citées plus haut n'incluent pas des mesures de taille d'effet ou tout du moins les données nécessaires pour les calculer cet effet positif important peut être attribué au fait que le programme utilisé dans la présente étude et en particulier la version "Cogmed RM", visait les trois composantes de la même manière. En effet, la multiplicité et la diversité des exercices lors de l'entraînement peuvent contribuer à augmenter la possibilité qu'une ou plusieurs tâches combinées aient un effet positif (Morisson & shein,

2011). Il peut être également dû au fait que les tâches utilisées pour évaluer les composantes de la MT ressemblent à celles des exercices de l'entraînement. L'intensité de l'intervention peut aussi expliquer cette importance, chaque participant devait effectuer 40 sessions de 25 mn chacune. Et finalement, l'ajustement de la difficulté des exercices à la performance de l'utilisateur et le fait qu'il se trouve devant des tâches individualisées à ses capacités pourrait aussi contribuer à cela.

À propos de la persistance des acquis, les résultats des post-tests 2 ont prouvé que les améliorations acquises suite à l'entraînement de la MT se maintiennent 3 mois après l'achèvement de la remédiation et ce résultat rejoint celui de l'étude de de Vries et al. (2015) qui a rapporté également la persistance des acquis 6 semaines après la fin de l'entraînement. Cela peut être expliqué par les changements neuronaux qui découle de ce type d'intervention.

En dépit des limites de cette étude associées au nombre de participants relativement restreint et la tranche d'âge ciblée, nous pouvons constater que les résultats obtenus sont satisfaisants en matière de l'objectif général ainsi que les objectifs spécifiques de l'étude. En effet, il a été démontré que malgré la difficulté à travailler avec la population autistique, il n'en demeure pas moins que ces personnes pourraient profiter grandement de ce genre de traitement et qu'il est possible d'obtenir des résultats significatifs avec de brèves interventions.

Conclusion

Outre la présence de difficultés sur le plan de la communication et des interactions sociales, ainsi que la présence de comportements stéréotypés et répétitifs, des difficultés dans le fonctionnement de la MT sont souvent reportées dans le TSA et considérées comme étant un élément clé de ce trouble (Ozonoff & Strayer, 2011). Ces difficultés occupent une place centrale aujourd'hui dans les études en autisme, mais elles ne sont toujours pas prises en compte dans les critères et les marqueurs diagnostiques. Les troubles de la MT représentent une cible privilégiée des interventions au vu de son rôle fondamental dans le fonctionnement cognitif, en revanche peu d'études concernant l'entraînement de cette fonction ont été menées auprès de la population autistique.

L'objectif principal de cette étude était de vérifier l'efficacité de l'entraînement de la MT chez les personnes atteintes du TSA en utilisant le programme "Cogmed RM". Au terme de l'analyse, une amélioration significative des résultats des post-tests 1 est constatée, et ce pour les trois composantes étudiées: la boucle phonologique, le calepin visuo-spatial et l'administrateur centrale. Ces résultats sont soutenus par toutes les études portant sur le même sujet. Ils pourraient être expliqués par les caractéristiques du programme utilisé en termes d'intensité de l'intervention et d'adaptation des exercices selon les performances de l'utilisateur, comme ils pourraient être expliqués par l'activation neuronale provoquée par cette remédiation. Les résultats des post-tests 2 ont révélé aussi que les acquis suite à l'entraînement de la MT persistent 3 mois après la fin du programme, ce qui est à l'avantage de cette remédiation.

En dépit de ses limites, cette étude se veut parmi les premières pistes de réflexion sur le sujet de l'entraînement de la MT chez la population autistique du fait qu'elle met en avant l'intérêt de proposer des interventions brèves à ces personnes. Sur la base de cette étude ainsi que d'autres complémentaires qui seraient menées dans le futur, il serait nécessaire d'envisager sérieusement d'ajouter ce genre d'intervention aux axes de la prise en charge thérapeutique des personnes avec TSA dans le but d'améliorer leur qualité de vie.

Recommandations pour les recherches futures

Nous pensons que cette étude reste intéressante pour les chercheurs et les cliniciens du domaine, puisqu'elle a permis d'étudier une intervention visant directement la MT chez des personnes atteints du TSA, mais la reproduction des études semblables à la présente reste nécessaire pour amener davantage des preuves empiriques et approfondir les connaissances sur ce sujet. À cet effet, nous suggérons quelques dimensions qu'il faut prendre en compte dans les futures études:

- Une augmentation de la taille d'échantillon est primordiale, car la taille modeste de l'échantillon affecte la puissance statistique et limite la portée des conclusions.

- Cibler d'autres tranches d'âge est nécessaire.

- Élargir les critères de sélection afin d'étudier d'autres variables en relation avec l'entraînement de la MT dans le TSA.

Références

- American Psychiatric Association (2013). DSM-V-R: Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux (J. D. Guelfi & M. A. Crocq, Trad. 5e éd.). Masson.
- Baddeley, A. D. (1986). Working memory. New York: Oxford University Press.
- Baltruschat, L., Hasselhorn, M., Tarbox, J., Dixon, D.R., Najdowski, A. C., Mullins, R., & Gould, E. R. (2011a). Addressing working memory in children with autism through behavioral intervention. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 5, 267-276. <http://ees.elsevier.com/RASD/default.asp>
- Baltruschat, L. Hesselhorn, M., Tarbox, J., Dixon, D. R., Najdowski, A. C., Mullins, R. D, & Gould, E. R. (2011b). Further analysis of the effects of positive reinforcement on working memory in children with autism. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 5(2),855-863. <https://www.elsevier.com/copyright>
- Baltruschat, L., Hasselhorn, M., Tarbox, J., Dixon, D.R., Mullins, R.D., & Gould, E. (2012). The effects of multiple exemplar Training on a working memory task involving sequential responding in children with autism. *The Psychological Record*, 62, 549-562. <https://www.semanticscholar.org>
- Barendse, E. M., Hendriks, M. P., Jansen, J. F. A., Backes, W. H., Hofman, P. A. M., Thoonen, G., Kessels, R., & Aldenkamp, A. P. (2013). Working memory deficits in high-functioning adolescents with autism spectrum disorders: neuropsychological and neuroimaging correlates. *Journal of Neurodevelopmental Disorders*, 5(1), 14. <https://doi.org/10.1186/1866/1955-5-14>

- Bourgeois, M. (2017). Impact des programmes d'interventions cognitivo-Comportementaux et d'entraînements cognitifs sur les fonctions exécutives chez les personnes atteintes du trouble du spectre autistique: revue Systématique [Thèse de doctorat, Université de Montréal, Canada].
- Dahbi, S. & El-Mir, M. (2020). Impact of depression on working memory: Comparative study of the functioning of working memory in a group of patients with characterized depressive disorder and a control group. *Arab Journal of Psychology*, 5(2), 171-181.
- Damasio, A. R., & Maurer, R. G. (1978). A neurological model for childhood autism. *Archives of Neurology*, 35, 777-786. <https://doi.org/10.1001/archneur.1978.0000360001001>
- de Vries, M. (2014). Individual differences in executive functions, training effects & quality of life of children with autism spectrum disorders. Enschede.
- El-Mir, M. (2017). The effect of working memory capacity on word recognition speed in Arabic second grade readers. *Arab Journal of Psychology*, 3(1), 149-160.
- El-Mir, M. (2019). Impact of memory on school performance. *Arab Journal of Psychology*, 4(2), 176-188.
- El-Mir, M. (2020). Effect of working memory capacity on Arabic reading development in primary school pupils in Morocco. *Arab Journal of Psychology*, 5(1), 92-106.
- Frith, U. (2003). *Autism: explaining the enigma*. Oxford: Blackwell .
- Garcia, D., & Sala, D. S. (2002). Dual-task performance in adults with autism. *Cognitive Neuropsychiatry*, 7(1), 63-74. <https://doi.org/10.1080/13546800143000140>
- Geurts, H., Sinzig, J. Booth, R., & Happe, F. (2014). Neuropsychological heterogeneity in executive functioning in autism spectrum disorders. *International Journal of Developmental Disabilities*, 60(3), 155-162. <https://doi.org/10.1179/2047387714Y.0000000047>
- Gilotty, L., Kenworthy, L., Sirian, L., Black, D. O., & Wagner, A. E. (2002). Adaptive skills and executive function in autism spectrum disorders. *Child Neuropsychology*, 8(4), 241-248. <https://doi.org/10.1076/chin.8.4.241.13504>
- Gras-Vincendon, A., Bursztejn, C., & Danion, J. M. (2008). Fonctionnement de la mémoire chez les sujets avec autisme. *L'encéphale* 34, 550-556. <http://www.elsevier.com/locale/encep>
- Guennach, A. & El-Mir, M. (2019). Autism spectrum disorder and working memory: A comparative study between children with ASD and normal children. *Arab Journal of Psychology*, 4(2), 123-133.
- Happé, F., Booth, R., Charlton, R., & Hughes, C. (2006). Executive function deficits in autism spectrum disorders and attention-deficit/hyperactivity disorder: examining profiles across domains and ages. *Brain and Cognition*, 61(1), 25-39. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2006.03.004>
- Hermelin, B., & O'Connor, N. (1970). *Psychological experiments with autistic children*. Pergamon.
- Hill, E.L. (2004). Executive dysfunction in autism. *Trends Cogn Sci*, 8(1), 26-32. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2003.11.003.PMID:146974400>
- Hughes, C., Russell, J., & Robbins, T. W. (1994). Evidence for executive dysfunction in autism. *Neuropsychologia*, 32(4), 477-492. [https://doi.org/10.1016/0028-3932\(94\)90092-2](https://doi.org/10.1016/0028-3932(94)90092-2)
- Huizinga, M., Dolan, C., & Molen, M. V. D. (2006). Age- related change in executive function: developmental trends and a latent variable analysis. *Neuropsychologia*, 44(11), 2017-2036. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2006.01.010>

- Kenworthy, L., Yerys, B. E., Anthony, L. G., & Wallace, G. L. (2008). Understanding executive control in autism spectrum disorders in the lab and the real world. *Neuropsychol Rev*, 18(4), 320-338. <https://doi.org/10.1007/s11065-008-9077-7>
- Kercood, S., Grskovic, J. A., Banda, D., & Begeeske, J. (2014). Working memory and autism: A review of literature. *Science, Direct*, 8, 1316-1332. <https://ees.elsevier.com/RASD/default.asp>
- Koshino, H., Carpenter, P. A., Minshew, N. J., Cherkassky, V. L., Keller, T. A., & Just, M. A. (2005). Functional connectivity in a fMRI working memory task in high-functioning autism. *NeuroImage*, 24, 810-821. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2004.09.028>
- Koshino, H., Kana, R. K., Keller, T. A., Cherkassky, V. L., Minshew, N. J., & Just, M. A. (2008). fMRI investigation of working memory for faces in autism: visual coding and undrconnectivity with frontal areas. *Cereb Cortex*, 18(2), 289-300. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhm054>
- Lafontaine, E. (2015). Apport de la neuropsychologie clinique dans la prise en charge diagnostique du trouble du spectre de l'autisme: Contribution des fonctions exécutives [Mémoire de maîtrise, Université du Québec, Canada].
- Landa, R., & Goldberg, M. C. (2005). Language, social, and executive functions in high-functioning autism: a continuum of performance. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 35, 557-1273. <https://doi.org/10.1007/s10803-005-0001-1>
- Leclerc, M. E. (2016). Mécanismes cérébraux sous-tendant le binding en mémoire chez les personnes autistes [Mémoire de maîtrise, Université de Montréal, Canada].
- Luna, B., Doll, S. K., Hegedus, S. J., Minshew, N. J., & Sweeney, J. A. (2007). Maturation of executive function in autism. *Biological Psychiatry*, 61(4), 474-481. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2006.02.030>
- Marcaggi, G., Bon, L., Eustache, F., Guillery-Girard, B. (2010). La mémoire dans l'autisme: 40 ans après. *Revue de neuropsychologie*, 2, 310-319. <https://doi.org/10.3917/rne.024.0310>
- Minshew, N. J., Williams, D. L., & Goldstein, G. (2001). Neuropsychologic Functioning in children with autism: further evidence for disordered complex information-processing. *Child Neuropsychol*, 12(4-5), 279-298. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov>
- Minshew, N. J., Williams, D. L. & Goldstein, G. (2005). The profile of memory function in children with autism. *Neuropsychology*, 20, 21-29. <https://doi.org/10.1037/0894-4105.20.1.21>
- Miyajima, M., Omiya, H., Yamashita, K., & Miyata, T. (2016). The effects of cognitive remediation therapy using the frontal/executive program for autism spectrum disorder. *The international Journal of Psychiatry in Medicine*, 51(3), 223-235. <https://doi.org/10.1177/009121746651254>
- Molderez, S. (2018). Processus de binding actif en mémoire de travail préservé chez des adultes autistes sans déficience intellectuelle [Thèse de doctorat, Université de Montréal]. <http://hdl.handle.net/1866/21389>
- Morrison, A. B., & Chein, J. M. (2011). Does working memory training work? The promise and challenges of enhancing cognition by training working memory. *Psychon Bull Rev*, 18, 46-60. <https://doi.org/10.3758/s13423-010-0034-0>
- Naciri, M. & El-Mir, M. (2019). Reading and phonologico-morphological characteristics of Arabic: a comparative study of good readers and dyslexics. *Arab Journal of Psychology*, 4(1), 67-79.
- O'Hearn, K., Asato, M. R., Ordaz, S., & Luna, B. (2008). Neurodevelopment and executive function in autism. *Literature Review*, 20(4), 1103-1132. <https://doi.org/10.1017/S0954579408000527>

- Ozonoff, S., Pennington, B. F., & Rogers, S. J. (1991). Executive function deficits in high-functioning autistic individuals: relationship to theory of mind. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 32, 1081-1105. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1991.tb0031.x>.
- Ozonoff, S., & McEvoy, R. E. (1994). A longitudinal study of executive function and theory of mind development in autism. *Development and Psychopathology*, 6(3), 415-431. <https://doi.org/10.1017/S0954579400006027>
- Ozonoff, S., King, B. H., Wright, D.M., Handen, B.L., Sikich, L., Zimmerman, A.w., MacMahon, W., Cantwell, E., Davanzo, P.A., Dourish, C. T., Dykens, E. M., Hooper, S. R., Jaselskis, C.A., Leventhal, B.L., Levitt, J., Lord, C., Lubetsky, M. J., Myers, S. M., Shah, B. G.,
 - Snape, M., Shernoff, E. W., Williamson, K. & Cook, E. (2001). Double-blind, placebo-controlled study of amantadine hydrochloride in the treatment of children with autistic disorder. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry* 40(6), 658-665. <https://www.sciencedirect.com>
 - Pellicano, E. (2012a). The development of executive function in autism. *Autism Rees Treat*. <https://doi.org/10.1155/2012/146132>
 - Prior, M., & Hoffmann, W. (1990). Brief report: neuropsychological testing of autistic children through an exploration with frontal lobe tests. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 20, 581-590. <https://link.springer.com>
 - Rumsey, J. M., & Hamburger, S. D. (1988). Neuropsychological findings in high-functioning men with infantile autism, residual state. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 10(2), 201-221. <https://doi.org/10.1080/01688638808408236>
 - Russell, J. (1997). *Autism as an executive disorder*. Oxford University Press.
 - Silk, T. J., Rinehart, N. J., Bradshaw, J. L., Tonge, B., Egan, G., O'Boyle, M., & Cannington, R. (2006). *American Journal of Psychiatry*, 163(8), 1440-1443. <https://doi.org/10.1176/ajp.2006.163.8.1440>
 - Steele, S.D., Minshew, N. J., Luna, B., & Sweeney, J. A. (2007). Spatial working memory deficits in autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 37, 605-1212. <https://doi.org/10.1007/s10803-006-0202-2>
 - Surian, L. (2002). *Autismo. Indagini sullo sviluppo mentale*. Roma-Bari: Laterza.
 - Vogan, V. M., Morgan, B. R., Lee, W., Powell, T. L., Smith, M. L., & Taylor, M. J. (2014). The neural correlates of visuo-spatial working memory in children with autism spectrum disorder: effects of cognitive load. *J Neurodev Disord*, 6(1). <https://doi.org/10.1185/1866-1955-6-19>
 - Willemieck Wanmaker, S., (2014). *The Efficacy of Working Memory Trainikg on Working Memory Capacity, Psychopathology, and Mental Well-being*. Ipskamp Drukkers B. V
 - Williams, D. L., Minshew, N., & Goldstein, G. (2006). Verbal and Spatial working memory in Autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 4, 3-14. <https://doi.org/10.1007/s10803-005-0021-x>
 - World health organisation. (2018). *International Classification of Diseases for Mortality and Morbidity Statistics (11th ed.)*.