



HAL
open science

La pratique répétée du Trail Making Test réduit les différences liées à l'âge sur la performance à ce test

L. Burger, L. Taconnat, L. Angel, P. Plusquellec, S. Fay

► To cite this version:

L. Burger, L. Taconnat, L. Angel, P. Plusquellec, S. Fay. La pratique répétée du Trail Making Test réduit les différences liées à l'âge sur la performance à ce test. *Psychologie Française*, 2021, 66 (2), pp.141-155. 10.1016/j.psfr.2017.03.002 . hal-01957389

HAL Id: hal-01957389

<https://hal.science/hal-01957389>

Submitted on 13 Jun 2023

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

La pratique répétée du Trail Making Test réduit les différences liées à l'âge sur la
performance à ce test

The practice of the Trail Making Test reduces the age-related differences in the performance
to this test

Lucile Burger^{1*}, Laurence Taconnat¹, Lucie Angel¹, Pierrich Plusquellec^{2,3} & Séverine Fay¹

¹ Université François-Rabelais, Tours, France, Université de Poitiers, France et UMR 7295
« Centre de Recherches sur la Cognition et l'Apprentissage », CNRS

² Centre for Studies on Human Stress, Research Center of the Mental Health Institute,
Montreal, Quebec, Canada

³ Etholabs, Ecole de psychoéducation, Université de Montréal, Montréal, Québec, Canada

Cette recherche a été possible grâce à un financement de l'Agence Nationale pour la
Recherche: Role of executive functions on strategic variations during aging: Studies in
problem solving, memory, and motor behaviors (**ANR-13-BSH2-0005-03**).

Correspondance

*Lucile BURGER, email: lucile.burger@etu.univ-tours.fr

Université de Tours

UMR-CNRS 7295 : CeRCA, équipe 'Vieillissement et Mémoire'

Département de Psychologie

3, rue des Tanneurs

37000 Tours, France

Téléphone : +33 2 47 36 81 54

Lucile Burger : docteur ; Université François-Rabelais, Tours, France, Université de Poitiers, France et UMR 7295 « Centre de Recherches sur la Cognition et l'Apprentissage », CNRS, 3, rue des Tanneurs 37000 Tours, France ; thèmes de recherche : *mémoire, vieillissement, fonctions exécutives, entraînement, EEG*

Laurence Taconnat : professeur ; Université François-Rabelais, Tours, France, Université de Poitiers, France et UMR 7295 « Centre de Recherches sur la Cognition et l'Apprentissage », CNRS, 3, rue des Tanneurs 37000 Tours, France, 3, rue des Tanneurs 37000 Tours ; thèmes de recherche : *métamémoire, entraînement, fonction exécutives, mémoire, vieillissement*

Lucie Angel : maître de conférence ; Université François-Rabelais, Tours, France, Université de Poitiers, France et UMR 7295 « Centre de Recherches sur la Cognition et l'Apprentissage », CNRS, 3, rue des Tanneurs 37000 Tours, France, 3, rue des Tanneurs 37000 Tours ; thèmes de recherche : *potentiels évoqués, réserve cognitive et cérébrale, fonction exécutives, mémoire, vieillissement*

Pierrich Plusquellec : professeur ; Centre for Studies on Human Stress, Research Center of the Mental Health Institute, Montreal, Quebec, Canada, Etholabs, Ecole de psychoéducation, Université de Montréal, Montréal, Québec, Canada, Pavillon Riel, unité 226, 7401, rue Hochelaga, Montréal (Québec) H1N 3M5 ; thème de recherche : *stress, vieillissement, cognition, entraînement*

Séverine Fay : maître de conférence ; Université François-Rabelais, Tours, France, Université de Poitiers, France et UMR 7295 « Centre de Recherches sur la Cognition et l'Apprentissage », CNRS, 3, rue des Tanneurs 37000 Tours, France, 3, rue des Tanneurs 37000 Tours ; thèmes de recherche : *réserve cognitive et cérébrale, , fonctionnement exécutif, mémoire épisodique, vieillissement, potentiels évoqués*

La pratique répétée du Trail Making Test réduit les différences liées à l'âge sur la performance à ce test

The practice of the Trail Making Test reduces the age-related differences in the performance to this test

Résumé (max 150 mots)

Les fonctions exécutives déclinent avec le vieillissement et ce déclin explique en partie la diminution des performances cognitives liée au vieillissement. Dans la présente étude, nous avons analysé les effets de la pratique du Trail Making Test (TMT, test de flexibilité, une fonction exécutive) sur la performance à ce test et le rythme d'amélioration de la performance au cours du vieillissement. Deux groupes (adultes jeunes et âgés) ont pratiqué le TMT et ont été comparés à deux groupes contrôles. Les résultats ont montré une amélioration des performances 1) plus importante dans les groupes de pratique que dans les groupes contrôles et 2) dans les groupes de pratique, plus importante chez les personnes âgées. Les adultes jeunes et âgés progressent autant au début des sessions de pratique mais les jeunes atteignent plus vite leur niveau optimal. Ces résultats pourraient contribuer à l'amélioration des programmes de stimulation cognitive en prenant en compte des caractéristiques individuelles comme l'âge.

Résumé

Le déclin des fonctions exécutives avec l'avancée en âge a été identifié comme permettant d'expliquer en partie la diminution des performances cognitives liée au vieillissement. Cependant, la pratique d'un test exécutif peut améliorer les performances à ce test. Dans la présente étude, nous avons analysé d'une part comment la pratique du Trail Making Test (TMT, test de flexibilité) pouvait influencer les effets du vieillissement sur la

performance à ce test et d'autre part le rythme d'amélioration de la performance. Deux groupes d'âge différent (adultes jeunes et âgés) ont pratiqué le TMT et ont été comparés à deux groupes contrôles (sans pratique entre les pré- et post-tests). Les scores du groupe de pratique ont été obtenus à la fin de chaque session. Globalement, les résultats ont montré une amélioration de la performance 1) plus importante dans les groupes de pratique que dans les groupes contrôles et 2) dans les groupes de pratique, plus importante chez les personnes âgées que chez les jeunes adultes. Les adultes âgés progressent autant que les plus jeunes au début des sessions de pratique mais ces derniers atteignent plus vite leur niveau optimal que les adultes âgés qui continuent de progresser au fil des sessions. Ces résultats pourraient avoir des implications importantes dans l'adaptation des programmes de stimulation cognitive en fonction de caractéristiques individuelles comme l'âge.

Mots clés: flexibilité, pratique, vieillissement, TMT, rythme de gain.

Abstract

Age-related impairment in executive functioning has been found to explain partially the decrease of cognitive performance with aging. However, the practice of an executive test can improve performance to this test. In the present study, we investigated first how the practice of the Trail Making Test (TMT, flexibility test) may influence the age-related deficit to the performance in this test and then how the performance tended to improve, and at which pace, through the practice of this executive test. Two age groups of participants (young and older adults) practiced the TMT and were compared to two control groups (i.e., no practice between pre- and post-test). The practice groups' scores were obtained at the end of each session. Globally, the results showed an improvement of performance 1) greater in the practice groups than in the control groups, and 2) in practice groups, greater in older adults than in younger ones. Both younger and older adults progressed during the early practice

sessions but the younger ones reached their optimal level earlier than the older adults who continued to improve over the sessions. These results could have a major impact on adapting cognitive stimulation programs to individual's characteristics such as age.

Key words: flexibility, practice, aging, TMT, rate of gain.

1. Introduction

Le vieillissement est un processus complexe, conduisant à une diminution des performances dans de nombreuses tâches cognitives. Cependant, tout au long de notre vie, nous continuons d'apprendre et de progresser pour atteindre au mieux nos objectifs, et les adultes âgés possèdent toujours des capacités d'apprentissage. Par conséquent, il apparaît possible de trouver des moyens de stimuler ces capacités pour ralentir le déclin cognitif par la pratique d'exercices spécifiques (c'est-à-dire l'exécution de tâches à plusieurs reprises pour améliorer les performances à ces mêmes tâches) ou d'un entraînement non spécifique (c'est-à-dire l'exécution de différentes tâches à plusieurs reprises pour améliorer les performances à des tâches non entraînées). Les objectifs de cette étude étaient d'examiner si les bénéfices liés à la pratique répétée d'une tâche de flexibilité cognitive évoluent avec l'âge et permettent de diminuer les différences de performance liées à l'âge à cette même tâche. Le deuxième objectif était d'étudier le rythme de progression des performances au test du Trail Making Test (TMT, Reitan, 1958, un test mesurant la flexibilité cognitive) liée à la pratique répétée (10 sessions) chez des adultes jeunes et âgés afin de déterminer si l'évolution des bénéfices liés à cette stimulation dépend de caractéristiques propres à un individu, comme l'âge par exemple. L'enjeu est important pour adapter au mieux les protocoles de stimulation cognitive aux personnes qui pourraient en bénéficier.

L'altération des fonctions exécutives est considérée comme un déterminant majeur du déclin cognitif dans le vieillissement normal (Rhodes, 2004; West, 1996). Les fonctions exécutives jouent un rôle crucial dans les habiletés cognitives générales, elles permettent la production de réponses adaptées en contrôlant et régulant d'autres processus cognitifs (Moscovitch & Winocur, 1992). Ces fonctions cognitives sont diminuées au cours du vieillissement (Carlson, Xue, Zhou, & Fried, 2009; Fisk & Sharp, 2004; Tombaugh, 2004) et participent à l'explication du déclin cognitif lié à l'âge. Les adultes âgés de haut niveau

exécutif effectuent généralement mieux des tâches cognitives que ceux qui possèdent un plus bas niveau exécutif (par exemple, en mémoire : Angel, Fay, Bouazzaoui, & Isingrini, 2011; Bouazzaoui *et al.*, 2014; Taconnat *et al.*, 2006; Taconnat *et al.*, 2007; Uittenhove, Burger, Taconnat, & Lemaire, 2015; organisation en mémoire épisodique : Taconnat *et al.*, 2009; en arithmétique : Duverne & Lemaire, 2004; Hodzik & Lemaire, 2011). Un haut niveau de fonctionnement exécutif pourrait ainsi jouer un rôle protecteur contre le déclin cognitif lié à l'âge (Angel *et al.*, 2011). Miyake *et al.* (2000) ont identifié trois fonctions exécutives distinctes : l'inhibition, la flexibilité cognitive et la capacité de mise à jour de la mémoire de travail. Parmi elles, la fonction de flexibilité cognitive est primordiale car elle permet d'adapter au mieux son fonctionnement cognitif lors de l'exécution d'une tâche en alternant entre différents processus cognitifs. Par conséquent, il est important d'explorer la possibilité de stimuler et d'améliorer ces fonctions, notamment chez les personnes âgées.

Plusieurs études ont évalué les effets de pratique chez des personnes jeunes et âgées et ont montré que le niveau de performance à une tâche exécutive pouvait être amélioré par la pratique répétée de cette tâche exécutive quel que soit l'âge (par exemple, l'inhibition, évaluée avec le test de Stroop : Davidson, Zacks, & Williams, 2003, Expérience 1, Dulaney & Rogers, 1994; Rogers & Fisk, 1991; Wilkinson & Yang, 2012; la flexibilité évaluée avec le TMT : Buck, Atkinson, & Ryan, 2008; Dye, 1979 ; ou la mise à jour de la mémoire de travail : Dorbath, Hasselhorn, & Titz, 2013; Karbach, Mang, & Kray, 2010; voir Beglinger *et al.*, 2005 pour un résultat contradictoire chez des adultes jeunes). Cependant, les effets du vieillissement sur les bénéfices de la pratique sont contradictoires dans la littérature. Plus spécifiquement, McComb *et al.* (2011) ont examiné les effets test-retest liés à deux passations consécutives d'une même tâche de flexibilité (TMT), séparées d'une semaine d'intervalle. Cette étude comprenait des jeunes adultes âgés (65 à 75 ans) et des adultes âgés très âgés (76-85 ans), les adultes très âgés présentant de plus faibles performances que les jeunes adultes

âgés lors de la première passation du TMT. Dans cette étude, dès la deuxième passation du TMT, les deux groupes d'adultes âgés bénéficiaient dans les mêmes proportions de la pratique et donc présentaient une amélioration de leurs performances à ce test de flexibilité. Néanmoins, Kramer *et al.* (1999, Expérience 2) ont montré que trois sessions de pratique d'un test de flexibilité cognitive bénéficiaient plus aux adultes âgés qu'aux adultes jeunes ce qui a permis d'annuler la différence liée à l'âge sur la performance à une tâche de flexibilité après seulement trois séances de pratique. La première expérience de cette même étude a permis de montrer, au cours de trois sessions de pratique d'un test de flexibilité cognitive, que les adultes âgés bénéficiaient plus rapidement de la pratique par rapport aux adultes jeunes, ceux-ci progressant de façon plus régulière au cours des différentes sessions. Karbach et Kray (2009) ont aussi constaté que les adultes âgés avaient davantage bénéficié de la pratique que leurs homologues plus jeunes après quatre séances de pratique répétée d'une version modifiée du TMT. Cependant, les adultes âgés présentaient toujours des capacités de flexibilité inférieures à celles des jeunes adultes.

Les études montrent donc un effet de pratique équivalent (McComb *et al.*, 2011) ou supérieur chez les adultes âgés par rapport aux jeunes adultes, avec dans ce cas une diminution (Karbach & Kray, 2009) ou une annulation (Kramer *et al.*, 1999, Expérience 2) des différences liées à l'âge. Un des facteurs susceptibles d'expliquer ces divergences concerne le nombre de sessions de pratique. En effet, ce facteur pourrait moduler les effets du vieillissement sur les gains liés à la pratique, et donc la différence liée à l'âge dans l'exécution de certaines tâches cognitives. La grande variabilité des protocoles (le nombre, la durée, la fréquence des sessions) associés à la pratique de tests de flexibilité cognitive mais surtout la variabilité des résultats de ces études rendent intéressante l'exploration du rythme de progression des performances au fur et à mesure des sessions de pratiques successives et les effets de l'âge sur ce rythme, ce qui a rarement été examiné. Par conséquent, dans cette étude,

nous avons étudié le rythme de progression lié à la pratique du TMT chez les participants jeunes et âgés en examinant la performance au TMT à la fin de chaque session de pratique.

Pour s'assurer que les effets potentiels de la pratique étaient bien des effets spécifiques et ne résultaient pas simplement d'un effet test-retest, des participants contrôles passifs jeunes et âgés ne pratiquant pas de tâches exécutives entre les pré- et post-tests (c'est-à-dire ne faisant aucune activité encadrée par l'expérimentateur entre le pré-test et le post-test) ont été inclus. Ces groupes ne participaient qu'à la première séance de pré-test et passaient différents tests cognitifs, ce qui a permis de caractériser le profil cognitif de chacun des groupes d'âge dans chacune des conditions expérimentales. Cinq jours plus tard, les deux groupes contrôles, tout comme les groupes de pratique, passaient le post-test et comme les participants des deux groupes de pratique, ils ont été testés individuellement.

Cette recherche avait deux objectifs spécifiques. Nous souhaitons dans un premier temps confirmer la possibilité d'améliorer les performances à un test de flexibilité cognitive (Trail Making Test, TMT, partie B) chez des jeunes et des adultes plus âgés grâce à 10 séances de pratique de ce test afin d'examiner s'il était possible de réduire l'effet du vieillissement sur la flexibilité cognitive décrit dans la littérature, c'est-à-dire la diminution des performances au TMT avec l'avancée en âge (Carlson *et al.*, 2009 ; Tombaugh, 2004). En effet, au regard des résultats contradictoires observés dans la littérature, nous avons examiné si les performances des adultes âgés pouvaient rejoindre ou au moins se rapprocher de celles des adultes plus jeunes. Ainsi, nous nous attendons à une augmentation de la performance entre le pré- et le post-test plus importante dans les groupes de pratique que dans les groupes contrôles, traduisant un effet spécifique de la pratique, et à un bénéfice de la pratique plus important chez les adultes âgés. Ceci devrait donc engendrer une diminution ou une annulation de la différence liée à l'âge sur les performances au TMT dans le groupe de pratique entre le pré- et le post-test, par rapport aux groupes contrôles dans lesquels cette

diminution devrait être moindre. En effet, compte tenu du niveau exécutif déjà élevé chez les participants jeunes, on pourrait supposer que les potentiels progrès sont plus limités. Cette hypothèse est en accord avec l'hypothèse de compensation (par exemple, Lövdén, Brehmer, Li, & Lindenberger, 2012) qui suggère que les individus initialement peu performants sont plus en mesure d'améliorer leurs performances avec la pratique.

Le second objectif était d'étudier le rythme de progression des performances résultant de cette pratique exécutive en fonction de l'âge. Pour cela, les performances des participants ont été relevées à l'issue de chaque session de pratique. Dans cette étude, d'après les résultats observés par Kramer *et al.* (1999), on émet l'hypothèse que les adultes âgés bénéficieront plus rapidement que les adultes jeunes de la pratique du TMT. Cependant, dans la présente étude, compte tenu du nombre plus important de sessions de pratique (dix sessions) par rapport à l'étude de Kramer *et al.* (1999) qui comprenait trois sessions, ce rythme pourrait différer au fur et à mesure des sessions de pratique. En effet, il est possible que les performances atteignent un seuil de progression maximal après un certain nombre de sessions de pratique et qu'elles cessent donc de s'améliorer après avoir atteint ce seuil. De plus, ce seuil pourrait être différent selon les groupes d'âge. Les adultes âgés pourraient bénéficier plus rapidement de la pratique, compte tenu de leur plus faible niveau exécutif initial par rapport à celui des jeunes adultes. Cependant si le nombre de sessions permet d'atteindre un seuil optimal dans les deux groupes d'âge, les jeunes adultes devraient atteindre cette performance maximale après un nombre de sessions de pratique inférieur par rapport aux adultes âgés parce que la marge de progression chez les jeunes adultes est susceptible d'être plus faible.

2. Méthode

2.1. Participants

Quatre groupes de participants ont été formés. Un groupe de participants jeunes et un groupe de participants âgés ont été subdivisés en deux groupes « pratique » et « contrôle » : 15 jeunes adultes (20-35 ans, 8 femmes) et 34 adultes âgés (60-75 ans, 17 femmes) pour les groupes qui effectuaient les séances de pratique, 15 jeunes adultes (20-35 ans, 6 femmes) et 44 adultes plus âgés (60-77 ans, 34 femmes) pour les groupes contrôles. Compte tenu de la grande variabilité dans le processus de vieillissement cognitif (Kalpouzos, Eustache, & Desgranges, 2008), les effectifs des groupes d'adultes âgées sont plus importants que ceux des adultes jeunes. Tous les participants inclus dans les analyses ont effectué toutes les séances de pratique (pour les groupes soumis à la pratique) et présentaient un score d'anxiété et de dépression à l'HADS (Hospital Anxiety and Depression Scale, HADS, Zigmond & Snaith, 1983) inférieur à 11 (aucun participant ne présente donc de symptomatologie anxieuse ou dépressive avérée). Tous les participants âgés étaient autonomes et vivaient à domicile. Ils étaient volontaires et ont été recrutés dans les clubs de loisirs et dans l'Université du troisième âge de Tours (France) par affichage et voie de presse. Tous les participants du groupe d'adultes âgés avaient un score supérieur ou égal à 27 au Mini Mental State Examination (MMSE, Folstein, Folstein, & McHugh, 1975) afin de minimiser le risque d'inclure des personnes atteintes de démence. Les personnes ayant des antécédents d'abus d'alcool, de lésions cérébrales ou prenant des médicaments susceptibles d'affecter leurs capacités cognitives ont été exclus de l'échantillon. Afin de minimiser d'éventuels biais liés à l'habitude des situations d'évaluation, aucun des jeunes participants n'était étudiant. L'étude a été approuvée par le comité d'éthique de l'Université de Tours (France), et tous les participants ont signé un formulaire de consentement éclairé.

Les caractéristiques démographiques et cognitives des quatre groupes (Groupes pratiques : jeunes vs. âgés ; Groupes contrôles : jeunes vs. âgés) sont présentées dans le Tableau I. La santé subjective a été mesurée sur une échelle allant de 0 (mauvaise santé) à 5

(très bonne santé). Afin d'examiner les possibles différences liées aux groupes sur l'âge, le niveau d'étude, l'anxiété, la dépression et la santé subjective, nous avons effectué des ANOVAs 2 (Groupe d'âge: jeune vs. âgé) X 2 (Condition : pratique vs. contrôle). Ces analyses ont montré qu'il y avait un effet significatif du Groupe d'âge sur l'âge réel des participants $F(1, 104) = 3861.47, p < .001, \eta_p^2 = .88$, pas d'effet de la condition, ni d'interaction entre ces deux facteurs ($F_s < 1$), ce qui signifie que d'une part les deux groupes de jeunes et d'autre part les deux groupes d'adultes âgés sont comparables en âge mais aussi que les différences d'âge entre participants jeunes et âgés sont équivalentes entre Groupes pratique et contrôle. En ce qui concerne le niveau d'étude, le seul effet significatif est celui du Groupe d'âge $F(1, 104) = 27.31, p < .001, \eta_p^2 = .20$, les adultes jeunes ayant un niveau d'étude plus élevé que les adultes âgés (effet de cohorte). Il n'y avait pas d'effet du Groupe d'âge ou de la Condition, ni aucune interaction entre ces deux facteurs sur l'anxiété et la dépression (sous-échelles du test HADS) ou la santé subjective (tous les $F_s < 1$), les 4 groupes indépendants étaient donc équivalents sur ces facteurs.

[Insérer par ici le Tableau I]

Pour obtenir un profil général des compétences cognitives des participants jeunes et âgés en Conditions de pratique ou de contrôle et vérifier que les quatre groupes sont comparables d'un point de vue cognitif, nous avons évalué avant les séances de pratique dans chacun de nos groupes expérimentaux l'aptitude verbale (vocabulaire), le contrôle (la mémoire de travail), et l'efficacité cognitive (vitesse de traitement). L'aptitude verbale a été évaluée en utilisant le test de vocabulaire du Mill-Hill (Raven, Court, & Raven, 1986). La vitesse de traitement, reflétant l'efficacité cognitive (Kail & Salthouse, 1994), a été mesurée avec le test de comparaison de lettres (Salthouse, 1990). La mémoire de travail a été évaluée

par l'empan envers de la batterie WAIS-III (Wechsler Adult Intelligence Scale-III, Wechsler, 1997). Les profils cognitifs de chaque groupe sont résumés dans le Tableau I.

Les mesures cognitives ont été analysées avec des ANOVAs 2 (Groupe d'âge) X 2 (Condition). Les résultats montrent qu'il n'y a pas d'effet du Groupe d'âge, de la Condition et pas d'interaction entre ces deux facteurs sur le niveau de vocabulaire ($F_s < 1$), ce qui indique que les quatre groupes de participants étaient équivalents pour le score de vocabulaire. Pour toutes les autres mesures cognitives, seul l'effet du facteur Groupe d'âge était significatif, les jeunes adultes ayant un niveau cognitif supérieur aux adultes âgés (mémoire de travail : $F(1, 104) = 13.43, p < .001, \eta_p^2 = .11$; vitesse de traitement $F(1, 104) = 35.45, p < .001, \eta_p^2 = .25$), il n'y a pas de différence liée à la Condition (pratique vs. contrôle), ni d'interaction entre la Condition et le Groupe d'âge ($F_s < 1$).

Dans l'ensemble, ce profil correspond à celui généralement observé dans la littérature. Il y a un effet lié à l'âge sur la mémoire de travail (Salthouse, 1994), la vitesse de traitement (Salthouse, 2000), alors que la capacité verbale indexée par le vocabulaire reste stable (Craik & Bialystok, 2006; Grégoire, 1993).

Ces analyses confirment que les participants des Conditions contrôle et pratique étaient équivalents aussi bien au niveau de leurs caractéristiques démographiques qu'au niveau de leur profil cognitif.

2.2. Matériel et Procédure

Nous avons choisi d'évaluer la flexibilité avec le Trail Making Test car ce test est connu pour être pertinent et couramment utilisé pour évaluer spécifiquement la flexibilité cognitive (Kortte, Horner, & Windham, 2002). De plus, il est communément utilisé à la fois dans la recherche expérimentale et clinique. Son administration est simple et rapide, et il est facile de créer des versions différentes en modifiant l'emplacement des stimuli pour les différentes

sessions de pratique. La performance à cette tâche est connue pour diminuer avec l'âge (par exemple, voir Tombaugh, 2004). Compte tenu de l'hétérogénéité des protocoles de pratique dans les études précédentes, nous avons choisi un protocole comprenant dix séances de pratique pour nous assurer d'obtenir un bénéfice lié à la pratique pour chacun des groupes d'âge dans la condition pratique.

La partie B du Trail Making Test (TMT; Reitan, 1958) a été utilisée pour évaluer la flexibilité cognitive. Les participants doivent relier le plus rapidement possible alternativement les chiffres dans l'ordre croissant et les lettres dans l'ordre alphabétique en commençant par les chiffres (par exemple, 1a2b3c, etc., 25 items, 12 lettres et 13 chiffres). La performance a été mesurée par le temps nécessaire pour effectuer la partie B en entier. Nous avons choisi d'utiliser la partie B du TMT pour nos séances de pratique car la carte A est une condition de référence et c'est uniquement dans la carte B qu'intervient la fonction de flexibilité cognitive. Les erreurs réalisées au cours de ce test ont été corrigées (par exemple, en cas d'erreur signalée par l'expérimentateur, le participant devait reprendre l'exercice au dernier item correctement traité) et contribuent au score de chacune des parties, puisque cela ajoute du temps au temps total de la réalisation de la tâche.

Dix versions de la partie B du TMT ont été créées en mélangeant les différents chiffres et lettres au hasard. Ces nouvelles versions ont été testées sur 20 adultes âgés de 60 à 80 ans qui ne participaient pas à l'expérience. Des analyses de corrélation ont été menées pour veiller à ce que les nouvelles versions et les versions originales permettent d'évaluer et de solliciter la même fonction. Les coefficients de Bravais-Pearson étaient tous significatifs et variaient entre 0,53 et 0,78. Nous avons donc considéré que toutes les nouvelles versions mesuraient la flexibilité cognitive de façon comparable à la partie B originale du TMT.

Les séances de pré-test, de post-test et de pratique ont toutes été effectuées individuellement. Les groupes contrôles étaient des groupes passifs, qui ne participaient

qu'aux pré-tests et aux post-tests. Lors de chaque séance de pratique, les participants remplissaient cinq versions de la partie B du TMT, pseudo-aléatoirement choisies parmi les dix nouvelles versions, avec une courte pause entre les versions. Ainsi, chaque version a été présentée à plusieurs reprises au cours de la semaine. Le programme de pratique durait 5 jours à une fréquence de deux séances par jour, une le matin et une l'après-midi. Lors d'une séance de pratique, les planches B étaient pratiquées cinq fois, le temps total pour faire la cinquième version de la planche B du TMT (dernière version de la séance) a été relevé afin d'évaluer la performance à l'issue de chaque séance de pratique. Le dernier test de la 10^{ème} session de pratique était la partie B originale du TMT. Ce score a été utilisé comme le score obtenu au post-test. Les temps séparant les sessions de pré- et post-tests étaient strictement identiques dans la condition de pratique exécutive et dans la condition contrôle, c'est-à-dire 5 jours.

3. Résultats

3.1. Analyse des données et traitements statistiques

L'analyse des données vise à répondre à nos deux objectifs : 1) analyser l'effet de la pratique du TMT sur la performance à ce test et l'effet de l'âge sur le bénéfice lié à cette pratique du TMT, 2) analyser le rythme de progression des performances au TMT B en fonction de l'âge. Les moyennes des scores au pré-test et au post test sont présentées dans le Tableau II.

Afin de répondre à notre premier objectif, nous avons tout d'abord effectué une ANOVA à 3 facteurs sur le score obtenu au TMT (temps utilisé pour réaliser la planche B) pour analyser les effets principaux du Groupe d'âge (jeunes vs. âgés), de la Condition (pratique vs. contrôle) et la Session (pré-test vs. post-test) et les éventuelles interactions. Nous avons calculé des ANOVAs partielles afin de préciser certaines de ces interactions

significatives. Tout d'abord, pour contrôler que nos groupes étaient équivalents en pré-test et s'assurer que les adultes âgés présentent le profil classique d'un déficit de flexibilité avant de commencer les sessions de pratique, nous avons réalisé une ANOVA partielle à deux facteurs Age \times Condition en pré-test uniquement. Afin de nous assurer que les 10 sessions de pratique permettent une amélioration supérieure à un simple effet test-retest pour chaque groupe d'âge, nous avons ensuite effectué deux ANOVAs partielles 2 (Session) \times 2 (Condition) dans chacun des groupes d'âge séparément. Enfin, pour analyser les effets en post-test en fonction de l'âge et de la condition, nous avons fait une ANOVA partielle à un facteur Groupe d'âge en post-test dans les deux conditions expérimentales pratique et contrôle séparément.

Pour répondre à notre deuxième objectif, après nous être assurées dans la première partie de l'effet spécifique de la pratique dans chacun des groupes d'âge, nous avons effectué des ANOVAs à deux facteurs, Groupe d'âge (jeunes vs. âgés) et Session (pré-test, chacune des 9 sessions de pratique et post-test), mais cette fois-ci uniquement dans les groupes en condition de pratique, les groupes contrôles n'ayant que des scores en pré- et en post-test. Dans un premier temps, afin de préciser les effets d'âge sur les performances obtenues à la carte B du TMT à chaque session de pratique, des analyses post-hoc de Tukey ont été effectuées pour comparer les performances des adultes jeunes et âgés à chaque session. Dans un second temps, le rythme de progression des performances au TMT B a été analysé séparément chez les adultes jeunes et âgés en réalisant des comparaisons entre les sessions n et $n+1$ (pré-test/ session 1 ; session 1/session 2...) dans chacun des groupes d'âge séparément (voir Figure 1) grâce à des analyses post-hoc. Enfin, toujours dans l'objectif de caractériser les différents rythmes de progression en fonction de l'âge, nous avons effectué dix ANOVAs à deux facteurs Groupe d'âge (jeunes vs. âgés) \times Session en modifiant un par un le nombre de modalités du facteur Session. Ainsi, en ajoutant une modalité à chaque fois, la variable Session passait de deux modalités (pré-test/session 1) pour la première ANOVA à 11

modalités (Pré-test/ session 1/ 2/ 3/ 4/ 5/ 6/ 7/ 8/ 9/ Post-test) pour la dernière. L'objectif de cette décomposition de l'ANOVA à deux facteurs Groupe d'âge (jeunes vs. âgés) et Session (pré-test, chacune des 9 sessions de pratique et post-test) était d'identifier à partir de quelle session l'interaction Groupe d'âge \times Session devenait significative. Cela donnait une indication sur le nombre de sessions nécessaires pour que les adultes âgés bénéficient plus des effets de la pratique que les plus jeunes.

[Insérer par ici le Tableau II]

3.2. Effets de la Condition (pratique vs. contrôle), du Groupe d'âge (jeunes vs. âgés) et de la Session (pré-test vs. post-test) sur les performances obtenues dans la partie B du TMT.

Pour examiner l'effet spécifique de la pratique sur le temps de réalisation de la partie B du TMT, une ANOVA 2 (Groupe d'âge: jeunes vs. âgés) \times 2 (Condition: pratique vs. contrôle) \times 2 (Session: pré-test vs. post-test) a été effectuée (voir Tableau II).

L'effet de la Session était significatif $F(1, 103) = 110.17, p < .001, \eta_p^2 = .52$, révélant que la performance était meilleure au post-test qu'au pré-test, c'est-à-dire que le temps utilisé pour faire la partie B était plus faible au post-test qu'au pré-test. L'effet global de la Condition n'était pas significatif $F(1, 103) = 1.37, ns$. L'effet du Groupe d'âge était significatif $F(1, 103) = 26.32, p < .001, \eta_p^2 = .21$, les participants jeunes présentaient globalement de meilleures performances (temps plus court pour effectuer la planche B) que les personnes âgées. Ni l'interaction entre les variables Age et Session $F(1, 103) = 0.46, ns$, ni l'interaction entre les variables Age et Condition $F(1, 103) = 1.37, ns$ n'étaient significatives. L'interaction entre Session et Condition était significative $F(1, 103) = 18.58, p < .001, \eta_p^2 = .15$ indiquant que l'amélioration des performances entre les pré- et post-tests était plus élevée dans la Condition

pratique $F(1, 103) = 106.11, p < .001, \eta_p^2 = .51$, que dans la Condition contrôle, $F(1, 103) = 19.79, p < .001, \eta_p^2 = .16$. L'interaction entre les trois facteurs Groupe d'âge X Session X Condition était également significative $F(1, 103) = 3.95, p < .05, \eta_p^2 = .04$, indiquant que l'effet de l'âge était différent selon la condition et la session. Cette interaction sera explorée via des ANOVAs partielles dans les paragraphes suivants.

3.2.1. Les groupes étaient-ils équivalents au pré-test pour la partie B test du TMT ?

Des ANOVAs à deux facteurs Age X Condition ont été réalisées sur le temps pour effectuer la partie B du TMT afin de s'assurer que les groupes de participants jeunes et âgés sont comparables entre les 2 conditions (pratique/contrôle) en pré-test et que l'effet classique de l'âge sur la flexibilité est présent en pré-test (voir Tableau II).

Seul l'effet de l'âge était significatif en pré-test sur la partie B du TMT $F(1, 104) = 23.11, p < .001, \eta_p^2 = .18$, indiquant que les jeunes ont de meilleures performances pour la partie B du TMT. Ni l'effet de la Condition, ni celui de l'interaction Groupe d'âge X Condition n'étaient significatifs ($F_s < 1$).

Cette ANOVA nous a permis de nous assurer que les groupes en condition de pratique et en condition contrôle avaient les mêmes profils cognitifs en pré-test, c'est-à-dire qu'ils présentaient les mêmes performances à la planche B du TMT. Nous observons par ailleurs les effets d'âge couramment observés dans la littérature. Cela signifie que si en post-test un effet de la Condition (différences entre conditions pratique et contrôle), elles résulteront bien de la pratique et non pas de différences préexistantes.

3.2.2. Y a-t-il un effet spécifique de la pratique dans chaque groupe d'âge ?

Afin de mieux comprendre l'interaction entre les trois facteurs Groupe d'âge X Session X Condition et de tester l'effet spécifique de la condition, et plus précisément de la

pratique, sur l'amélioration des performances obtenues au TMT dans chaque groupe, une ANOVA partielle 2 (Session) X 2 (Condition) a été menée dans chaque groupe d'âge.

Dans le groupe des jeunes adultes, l'effet de la Condition n'était pas significatif $F(1,28) < 1$, ns. L'effet de la Session était significatif $F(1, 28) = 63.70$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .69$, ce qui indique que la performance au TMT était meilleure au post-test qu'au pré-test (temps plus court utilisé pour effectuer la partie B). L'interaction entre la Session et la Condition était marginalement significative $F(1, 28) = 3.56$, $p = .07$, $\eta_p^2 = .11$, indiquant que les jeunes adultes dans la Condition pratique avaient tendance à améliorer davantage leurs performances entre pré et post-test $F(1, 28) = 48.70$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .63$ que les participants dans la Condition contrôle $F(1, 28) = 18.57$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .40$.

Dans le groupe des adultes âgés, l'effet de la Condition était significatif $F(1, 75) = 6.51$, $p < .05$, $\eta_p^2 = .08$ indiquant que les participants du groupe pratique mettaient globalement moins de temps pour exécuter la partie B du TMT que le groupe contrôle. L'effet de la Session était significatif $F(1, 75) = 93.68$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .56$, révélant un temps inférieur pour exécuter la partie B au post-test comparé au pré-test. L'interaction entre ces deux facteurs était également significative $F(1, 75) = 29.78$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .28$, ce qui indique que l'amélioration de la performance du pré-test au post-test était plus importante dans la Condition pratique $F(1, 75) = 102.55$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .58$ que dans la Condition contrôle $F(1, 75) = 10.09$, $p < .01$, $\eta_p^2 = .12$.

Ces analyses nous permettent de conclure que la pratique répétée de la partie B du TMT a réduit le temps d'exécution de cette tâche pour les deux groupes d'âge, et que cette amélioration des performances au TMT était plus grande qu'un simple effet de test-retest (observé dans la Condition contrôle) dans le groupe des adultes âgés. Le même profil global de résultats a été obtenu dans le Groupe de jeunes adultes ($p = .07$).

3.2.3. Comment les effets d'âge évoluent-ils en post-test en fonction de la Condition?

Afin d'analyser l'évolution des effets d'âge en post-test dans les deux Conditions : pratique vs. contrôle, une ANOVA 2 (Groupe d'âge) X 2 (Condition) a été réalisée sur le temps utilisé pour effectuer la partie B du TMT au post-test (voir le Tableau II).

Au post-test, l'analyse a révélé un effet du Groupe d'âge $F(1, 103) = 23.99, p < .001, \eta_p^2 = .19$, le temps d'exécution de la partie B était plus faible dans le groupe de jeunes adultes que dans le groupe d'adultes âgés. L'effet de la Condition était significatif $F(1, 103) = 8.43, p < .01, \eta_p^2 = .08$, indiquant que le temps utilisé dans l'exécution de la partie B était plus faible dans la Condition pratique que dans la Condition contrôle. L'interaction entre la Condition et le Groupe d'âge était significative $F(1, 103) = 6.82, p < .05, \eta_p^2 = .06$ indiquant que l'effet de l'âge est plus important dans la Condition contrôle (performance moyenne des adultes jeunes : 67.22, ET = 29 vs. âgés : 110.79, ET = 37.52) que dans la Condition pratique (performance moyenne jeunes : 65.63, ET = 10.20 vs. âgés : 78.79, ET = 9.31). Toutefois, au post-test, l'analyse a révélé que l'effet du Groupe d'âge demeurerait significatif à la fois dans la Condition pratique, $F(1, 47) = 23.51, p < .001, \eta_p^2 = .33$ et dans la Condition contrôle $F(1, 56) = 16.68, p < .001, \eta_p^2 = .23$.

Pour résumer, les personnes âgées ont davantage bénéficié de la pratique que les adultes plus jeunes. La pratique répétée de la partie B du TMT a donc permis de réduire les effets d'âge sur le score de cette partie B, même s'ils restent significatifs.

Une analyse supplémentaire a permis de mettre en évidence que dans la Condition de pratique, les adultes âgés présentaient des performances à la partie B du TMT en post-test similaires à celles des adultes jeunes en pré-test (analyse post-hoc: *ns*), contrairement aux adultes âgés en Condition contrôle qui présentent toujours des performances inférieures à celles des adultes jeunes en pré-test (analyse post-hoc : $p < .05$).

3.3. Rythme de progression des performances entre les différentes séances de pratique en fonction de l'âge

Des analyses centrées sur le rythme de progression de la performance au fur et à mesure des séances de pratique dans chaque groupe d'âge ont été réalisées. Pour cela, une ANOVA à mesures répétées a été menée uniquement dans la condition de pratique, avec pour variables indépendantes le Groupe d'âge (jeunes vs. âgés) et la Session (pré-test, chacune des 9 sessions de pratique et post-test) et comme variable dépendante le temps mis pour réaliser la planche B du TMT. Les données sont présentées dans la Figure 1. Cette analyse a montré un effet significatif de la Session $F(10, 470) = 113, p < .001, \eta_p^2 = .71$, indiquant que le temps mis pour effectuer la planche B diminue au cours de la pratique. L'effet du Groupe d'âge était significatif $F(1, 47) = 77.85, p < .001, \eta_p^2 = .62$, indiquant de meilleures performances (et donc des temps plus courts pour effectuer la planche B) chez les adultes jeunes par rapport aux adultes âgés. L'interaction Session X Groupe d'âge était significative $F(10, 47) = 6.11, p < .001, \eta_p^2 = .12$ indiquant que, bien que les deux groupes aient bénéficié de la pratique, le bénéfice des adultes âgés était supérieur à celui des jeunes adultes (voir Figure 1).

[Insérer par ici la Figure 1]

Pour examiner cette interaction plus en détails, des analyses post-hoc ont été effectuées pour examiner les effets d'âge sur le temps de réalisation de la planche B au pré-test, à chaque session et au post-test. Ces analyses ont montré que les différences entre les adultes jeunes et âgés persistent à chaque session, dans le sens où les jeunes adultes présentent de meilleures performances que les adultes âgés.

Afin de préciser le rythme de progression des performances dans les deux groupes d'âge, des analyses post-hoc ont également été réalisées entre les sessions n et $n+1$ (différence inter-sessions) séparément chez les jeunes adultes et chez les adultes âgés. Les valeurs des p sont représentées sur la Figure 1. On observe que les adultes jeunes progressent significativement, et donc diminuent leurs temps pour effectuer la partie B du TMT, de la première à la deuxième session de pratique, puis les performances se stabilisent. Les adultes âgés progressent régulièrement et significativement de la première à la sixième session de pratique, c'est-à-dire qu'ils diminuent significativement leur temps pour effectuer la planche B du TMT au cours de ces six sessions puis les temps n'évoluent plus significativement au cours des dernières sessions.

Enfin, l'objectif de la dernière série d'analyses était de déterminer à partir de quand (de quelle session) une interaction Groupe d'âge x Session est observable indiquant que le bénéfice associé au programme de pratique est plus important chez les adultes âgés et donc réduit les effets d'âge. Ainsi, afin de caractériser l'évolution des performances au cours des différentes sessions de pratique en fonction des groupes d'âge, plusieurs ANOVAs Groupe d'âge (jeunes vs. âgés) X Session ont été réalisées en faisant varier la variable Session de deux modalités (pré-test – session 1) à 11 modalités (pré-test- 9 sessions- post test) en ajoutant une modalité à chaque fois (voir Tableau III). La première ANOVA avait donc pour facteurs le Groupe d'âge et la Session avec deux modalités, pré-test et session 1. La deuxième ANOVA était composée des deux mêmes facteurs, mais le facteur Session était composé de trois modalités (une modalité de plus : pré-test - session 1 - session 2), ainsi de suite jusqu'à la dixième ANOVA incluant toujours les mêmes facteurs, avec 11 modalités pour le facteur Session (pré-test – 9 sessions – post-test).

[Insérer par ici le Tableau III]

Ces analyses ont montré que les effets de la pratique du TMT n'apparaissaient qu'après la deuxième session d'entraînement aussi bien pour les adultes jeunes que les adultes âgés, il n'y avait donc pas d'effet test-retest (pas d'amélioration des performances entre le pré-test et la session 1). Au début des sessions de pratique (1 à 5), les adultes jeunes et âgés progressent de façon similaire, en effet les interactions entre le Groupe d'âge et la Session n'étaient pas significatives. A partir de la session 5 et jusqu'à la fin du protocole de pratique, les participants âgés bénéficient plus de la pratique que les adultes jeunes (interactions Groupe d'âge X Sessions significatives), il faut donc au moins 5 sessions de pratique pour que le bénéfice soit plus important pour les adultes âgés que pour les jeunes adultes et donc pour réduire les effets d'âge.

La pratique de la partie B du TMT a permis une amélioration des performances chez les adultes jeunes et âgés, les adultes âgés bénéficiant plus de la pratique. De plus, les adultes jeunes progressent essentiellement au début de la pratique (jusqu'à la 3^{ème} session) alors que les adultes âgés progressent plus et plus régulièrement jusqu'à la septième session.

4. Discussion

Les études examinant l'amélioration possible des fonctions cognitives par le biais de la pratique sont importantes car elles contribuent au perfectionnement des protocoles de stimulation cognitive, notamment dans le contexte du vieillissement. Ces études ont montré qu'il était parfois possible de réhabiliter certaines fonctions cognitives et notamment les fonctions exécutives, indispensables à la réalisation optimale d'un grand nombre de tâches de la vie quotidienne. Les études sur les effets de la pratique de tests exécutifs et plus précisément de tests de flexibilité cognitive au cours du vieillissement ont abouti à des résultats contradictoires. Ces contradictions pourraient être expliquées par la grande

variabilité des protocoles tant en termes de quantité, de fréquence que de durée des séances de pratique. L'originalité de cette étude était d'analyser cette évolution des performances liée à la pratique en mesurant la performance à la planche B du TMT à chaque session de pratique en fonction de l'âge. Ces analyses sont centrales pour déterminer si la possibilité de réduire les différences liées à l'âge sur une tâche exécutive par la pratique est fonction du nombre de sessions de pratique de cette tâche. Cette étude avait plusieurs objectifs. Tout d'abord, nous avons voulu confirmer la possibilité d'améliorer les performances à un test de flexibilité cognitive (Trail Making Test, TMT, Reitan, 1958, partie B) chez des jeunes et des adultes plus âgés grâce à 10 séances de pratique de ce test. Plus précisément, nous avons examiné dans quelle mesure les adultes âgés pouvaient atteindre ou se rapprocher de la performance des plus jeunes et donc compenser leur déficit avec la pratique. De plus, le rythme de progression des performances résultant de cette pratique exécutive en fonction de l'âge a été analysé et décrit au fur et à mesure des sessions.

Notre premier objectif était d'examiner s'il était possible d'annuler ou réduire les effets d'âge sur les performances à la carte B du TMT, représentant une mesure de flexibilité cognitive, par la pratique de ce test. En pré-test, les groupes contrôles et les groupes pratique étaient équivalents, c'est-à-dire qu'ils avaient les mêmes profils cognitifs. Nous avons aussi confirmé en pré-test les effets d'âge couramment observés dans la littérature sur la flexibilité (Carlson *et al.*, 2009 ; Tombaugh, 2004). En effet, les adultes âgés avaient de plus faibles performances à la carte B du TMT que les jeunes adultes. Ces résultats en pré-test nous ont ainsi permis de mettre en évidence un effet spécifique de la pratique à la fois chez les adultes jeunes (tendance) et âgés. L'absence d'effet significatif lié de la pratique dans le groupe d'adultes jeunes pourrait être expliquée par le manque de puissance statistique résultant d'un faible effectif. L'amélioration des performances du pré-test au post-test n'est pas liée à un simple effet test-retest, puisque nos groupes étaient équivalents en pré-test et que

l'amélioration des performances est plus importante chez les participants de la condition pratique que dans la condition contrôle. L'effet test-retest est significatif après cinq jours de pratique mais n'est pas présent après une demi-journée de pratique (pré-test/session 1), à la fois chez les adultes jeunes et âgés. En post-test, l'amélioration des performances également observée à la carte B du TMT dans les groupes contrôles représente l'effet test-retest. Cet effet est souvent observé lors de la passation successive du même test. Il serait lié à différents facteurs comme par exemple la diminution du stress liée à la répétition des passations (Sindi *et al.*, 2013) ou encore à la connaissance du test (Collie, Maruff, Darby, & Mc Stephen, 2003). L'amélioration des performances au TMT est donc possible à tout âge, au-delà d'un effet test-retest (e.g. Buck *et al.*, 2008; Dye, 1979). Nos données sont conformes à nos attentes et à la plupart des études antérieures sur le déclin lié à l'âge des fonctions exécutives (Fisk & Sharp, 2004 ; Isingrini & Tacconnat, 2008; Salthouse, Atkinson, & Berish, 2003) et les effets de la pratique sur ces fonctions, notamment la fonction de flexibilité cognitive (par exemple, Buck *et al.*, 2008; Dye, 1979; Kramer *et al.*, 1999; McComb *et al.*, 2011).

D'autre part, en ce qui concerne notre objectif visant à déterminer s'il était possible de réduire les effets du vieillissement sur la flexibilité cognitive, nos résultats ont montré que les adultes âgés ont davantage bénéficié de la pratique du TMT que les adultes plus jeunes, comme le montre l'interaction significative entre le groupe d'âge et la session dans la condition pratique. Nous confirmons dans notre étude les résultats de certaines données de la littérature où les adultes âgés bénéficiaient plus des effets de pratique (Karbach & Kray, 2009; Kramer *et al.*, 1999 ; McComb *et al.*, 2011). Cependant contrairement à l'étude de Kramer *et al.* (1999) où les effets d'âge sur la flexibilité cognitive n'étaient plus présents après trois séances de pratique, les effets d'âge sont toujours significatifs malgré un bénéfice plus important chez les adultes âgés. Cela suggère que lorsque les performances à un test exécutif sont faibles (ici de la flexibilité cognitive), comme c'est le cas pour les adultes âgés (par

exemple, Fisk & Sharp, 2004 ; Isingrini & Taconnat, 2008; Salthouse, Atkinson, & Berish, 2003), elles sont plus faciles à améliorer. En effet, le niveau exécutif faible des participants âgés permet une marge de progression plus importante par rapport aux adultes jeunes qui ont un niveau exécutif plus élevé. Les adultes jeunes auraient peut-être plus bénéficié de la pratique d'un test exécutif si la tâche avait été plus difficile. Cette idée est en accord avec l'hypothèse de compensation (par exemple, Lövdén *et al.*, 2012) qui suggère que les individus ayant un niveau initial faible (ici, les personnes âgées) sont plus en mesure d'améliorer leurs performances avec la pratique que ceux avec un niveau initial supérieur, conduisant à une réduction des différences liées à l'âge après la pratique. A l'appui de cette suggestion, notons que le groupe d'adultes âgés ayant effectué les séances de pratique a atteint en post-test la même performance à la carte B du TMT que les jeunes en pré-test. Ceci signifie qu'après les séances de pratique, les adultes âgés ont une performance équivalente à celle des jeunes avant les séances de pratique. Ces résultats suggèrent qu'une forme de plasticité cognitive reste possible au cours du vieillissement (Wilkinson & Yang, 2012). En effet, le niveau exécutif, ici évalué par la flexibilité cognitive, peut être modulé et amélioré par la pratique d'un test exécutif, ici le TMT. Il serait nécessaire d'étudier les effets de transfert de la pratique sur d'autres tâches spécifiques non pratiquées de flexibilité cognitive (*near transfer effect*) mais aussi sur des tâches cognitives plus éloignées de la flexibilité comme des tâches d'inhibition ou de mise à jour qui sont d'autres fonctions exécutives (*far transfer effect*). Il n'existe pas de consensus à propos de cette question d'effet de transfert chez les adultes âgés. Par exemple, Wilkinson et Yang (2012) ont montré que, bien que les adultes plus âgés aient amélioré leur capacité d'inhibition avec la pratique, il n'y avait ni transfert à des fonctions cognitives proches de la tâche pratiquée, ni à d'autres tâches cognitives plus éloignées fonctionnellement. En revanche, les effets de transfert à des tâches proches d'un entraînement cognitif ont été trouvés avec d'autres tâches exécutives comme le transfert d'effets bénéfiques d'un

entraînement des capacités en double-tâche à un autre test non entraîné mesurant les capacités de division de l'attention (Bherer *et al.*, 2005) ou le transfert d'un entraînement d'une tâche de flexibilité à d'autres tâches exécutives (Karbach & Kray, 2009). En effet, dans cette étude de Karbach et Kray (2009) où des jeunes et des adultes âgés ont été entraînés à effectuer des tâches de flexibilité cognitive, les effets bénéfiques ont été transférés à d'autres tâches de flexibilité non entraînées (*near transfert*), à d'autres tâches exécutives et à des tâches mesurant les connaissances fluides (*far transfert*). La question du transfert est importante car elle suggère que la pratique de certaines tâches cognitives notamment exécutives pourrait conduire à l'amélioration d'autres tâches connexes non pratiquées. Il est cependant intéressant de noter que lorsqu'on pratique un test, les effets peuvent être expliqués par la stimulation d'une fonction particulière, dans notre étude la flexibilité cognitive, mais qu'une partie de l'amélioration des performances pourrait être aussi provenir de l'amélioration d'autres fonctions intervenant dans l'exécution du test pratiqué. Par exemple, dans notre étude sur la pratique de la carte B du TMT, il est possible que la réduction du temps au fil des sessions et surtout chez les personnes âgées ne provienne pas uniquement de l'amélioration des capacités de flexibilité cognitive mais partiellement de l'amélioration de la vitesse de traitement. Pour explorer cette hypothèse, il serait intéressant d'effectuer une évaluation cognitive aussi en post-test ce qui permettrait de caractériser l'évolution des profils cognitifs après des séances de pratique.

Afin de répondre à notre deuxième objectif, le rythme d'amélioration de la performance à la planche B du TMT au cours des dix séances de pratique a été analysé. Nos résultats indiquent que l'évolution des bénéfices liée à la pratique est fonction de l'âge. Les adultes jeunes bénéficient des séances de pratique jusqu'à la session 4 alors que les adultes âgés en bénéficient jusqu'à la session 7. Les adultes jeunes parviennent à leur performance maximale plus rapidement que les plus âgés. Les dernières analyses effectuées, notamment les

diverses ANOVAs à deux facteurs Groupe d'âge x Session nous ont permis de montrer qu'il fallait au moins 5 sessions pour que le programme de pratique profite davantage aux adultes âgés. Si le nombre de sessions de pratique avait été inférieur à cinq, aucune réduction des effets d'âge n'aurait été observée. Nos résultats seraient plutôt inverses à ceux obtenus par Kramer *et al.* (1999, Expérience 1) qui montraient que les adultes âgés après trois sessions de pratique bénéficiaient plus rapidement que les adultes jeunes de cette pratique. En effet, dans notre étude qui comportait plus de sessions de pratiques, les jeunes adultes ont eu besoin de moins de séances pour atteindre leur niveau de performances optimales, par rapport aux adultes âgés qui bénéficient plus longtemps des sessions de pratique. Une explication possible de cette différence de rythme d'amélioration des performances pourrait être les meilleures capacités exécutives chez les adultes jeunes. Les adultes jeunes présentent un niveau initial plus élevé au TMT que les plus âgés, ceci pourrait expliquer qu'ils atteignent leur niveau de performance optimale au TMT avec un nombre plus restreint de séances de pratique. On peut donc supposer que les adultes âgés bénéficient plus de la pratique parce qu'ils en bénéficient plus longtemps et que leur marge de progression est plus importante. Au contraire, lorsque les adultes jeunes ont atteint leur seuil de progression, leurs performances n'évoluent plus. Ces patterns différents de progression permettent d'expliquer la réduction des effets d'âge après un certain nombre de sessions d'entraînement. Ainsi, à l'issue des sessions de pratique, l'effet du vieillissement sera réduit ou non, en fonction du nombre de séances de pratique utilisé dans l'étude. Le nombre de séances de pratique pourrait donc être un facteur essentiel pour expliquer les résultats divergents concernant les effets de la pratique cognitive relevés dans la littérature.

En conclusion, en soumettant des adultes jeunes et âgés à 10 sessions de pratique du Trail Making Test, nous avons confirmé que l'amélioration des performances au TMT était possible à la fois chez des adultes jeunes et des adultes âgés, et nous avons mis en évidence

que les adultes âgés bénéficient plus de cette pratique, ce qui permet de réduire les différences liées à l'âge. De plus, les performances à chaque séance de pratique ont été prises en compte. Cela a permis de mettre en évidence différents rythmes d'évolution des performances au cours des sessions de pratique en fonction de l'âge. En effet, les adultes jeunes atteignent leur score maximal avec un nombre de sessions de pratique plus restreint (4 sessions) que les adultes âgés (7 sessions). Cependant les adultes âgés bénéficient des sessions de pratique de façon continue jusqu'à la session 7, probablement parce qu'ils ont plus de marge de progression compte tenu de leurs capacités initiales plus faibles au TMT.

Ces questions sont importantes, car nos résultats indiquent qu'il est possible d'améliorer les performances des personnes jeunes et âgées à un test exécutif. De plus, ils pourront contribuer au développement de protocoles à visée de réhabilitation cognitive. En effet, au-delà de la pratique de tests exécutifs, il serait intéressant d'effectuer le même type d'étude sur le rythme de progression à travers un entraînement cognitif plus complexe. Comme de nombreuses études l'ont déjà montré, les entraînements cognitifs sont efficaces, notamment au cours du vieillissement (e.g. Ball *et al.*, 2002 ; Bherer *et al.*, 2005 ; Bherer *et al.*, 2008 ; Borella, Carretti, Riboldi, & De Beni, 2010 ; Lustig, Shah, Seidler, & Reuter-Lorenz, 2009 pour revue) et chercher à analyser le rythme de progression et les facteurs influençant les gains liés à cet entraînement serait bénéfique dans un contexte de remédiation cognitive au cours du vieillissement. Les programmes cognitifs d'entraînement efficaces devraient tenir compte des différences individuelles telles que l'âge (jeunes vs. âgés) ou le niveau initial d'un individu, en ajustant le nombre de sessions en conséquence.

Références bibliographiques

- Angel, L., Fay, S., Bouazzaoui, B., & Isingrini, M. (2011). Two hemispheres for better memory in old age: role of executive functioning. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 23(12), 3767-3777.
- Ball, K., Berch, D. B., Helmers, K. F., Jobe, J. B., Leveck, M. D., Marsiske, M., Morris, J.N., Rebock, G.W., Smith, D.M., Tennstedt, S.L., Unverzagt, F. W., & Willis, S.L. (2002). Effects of cognitive training interventions with older adults: a randomized controlled trial. *Jama*, 288(18), 2271-2281.
- Beglinger, L. J., Gaydos, B., Tangphao-Daniels, O., Duff, K., Kareken, D. A., Crawford, J., Fastenau, P.S., & Siemers, E. R. (2005). Practice effects and the use of alternate forms in serial neuropsychological testing. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 20(4), 517-529.
- Bherer, L., Kramer, A. F., Peterson, M. S., Colcombe, S., Erickson, K., & Becic, E. (2005). Training effects on dual-task performance: are there age-related differences in plasticity of attentional control? *Psychology and Aging*, 20(4), 695-709.
- Bherer, L., Kramer, A. F.; Peterson, M. S., Colcombe, S., Erickson, K., & Becic, E. (2008). Transfer effects in task-set cost and dual-task cost after dual-task training in older and younger adults: Further evidence for cognitive plasticity in attentional control in late adulthood. *Experimental Aging Research*, 34, 188-219.
- Borella, E., Carretti, B., Riboldi, F., & De Beni, R. (2010). Working memory training in older adults: evidence of transfer and maintenance effects. *Psychology and Aging*, 25(4), 767-778.
- Bouazzaoui, B., Angel, L., Fay, S., Tacconnat, L., Froger, C., & Isingrini, M. (2014). Does the greater involvement of executive control in memory with age act as a compensatory mechanism?. *Canadian Journal of Experimental Psychology/Revue Canadienne de Psychologie Expérimentale*, 68(1), 59-66.
- Buck, K. K., Atkinson, T. M., & Ryan, J. P. (2008). Evidence of practice effects in variants of the Trail Making Test during serial assessment. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 30(3), 312-318.
- Craik, F. I., & Bialystok, E. (2006). Cognition through the lifespan: mechanisms of change. *Trends in Cognitive Sciences*, 10(3), 131-138.

- Carlson, M. C., Xue, Q. L., Zhou, J., & Fried, L. P. (2009). Executive decline and dysfunction precedes declines in memory: the Women's Health and Aging Study II. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, *64*(1), 110-117.
- Collie, A., Maruff, P., Darby, D. G., & Mc Stephen, M. (2003). The effects of practice on the cognitive test performance of neurologically normal individuals assessed at brief test–retest intervals. *Journal of the International Neuropsychological Society*, *9*(03), 419-428.
- Davidson, D. J., Zacks, R. T., & Williams, C. C. (2003). Stroop interference, practice, and aging. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, *10*(2), 85-98.
- Dorbath, L., Hasselhorn, M., & Titz, C. (2013). Effects of education on executive functioning and its trainability. *Educational Gerontology*, *39*(5), 314-325.
- Dulaney, C. L., & Rogers, W. A. (1994). Mechanisms underlying reduction in Stroop interference with practice for young and old adults. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *20*(2), 470-484.
- Duverne, S., & Lemaire, P. (2004). Age-related differences in arithmetic problem-verification strategies. *The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, *59*(3), 135-142.
- Dye, O. A. (1979). Effects of practice on Trail Making Test performance. *Perceptual and Motor Skills*, *48*(1), 296-296.
- Fisk, J. E., & Sharp, C. A. (2004). Age-related impairment in executive functioning: Updating, inhibition, shifting, and access. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *26*(7), 874-890.
- Folstein, M. F., Folstein, S. E., & McHugh, P. R. (1975). "Mini-mental state": a practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research*, *12*(3), 189-198.
- Grégoire, J. (1993). Intelligence et vieillissement au WAIS-R, une analyse transversale de l'échantillon d'étalonnage français avec contrôle du niveau scolaire. *L'Année Psychologique*, *93*(3), 379-400.
- Hodzik, S., & Lemaire, P. (2011). Inhibition and shifting capacities mediate adults' age-related differences in strategy selection and repertoire. *Acta Psychologica*, *137*(3), 335-344.
- Isingrini, M., & Tacconat, L. (2008). Mémoire épisodique, fonctionnement frontal et vieillissement Episodic memory, frontal functioning, and aging. *Revue Neurologique*, *164*, 91-95.

- Kail, R., & Salthouse, T. A. (1994). Processing speed as a mental capacity. *Acta Psychologica, 86*(2), 199-225.
- Kalpouzos, G., Eustache, F., & Desgranges, B. (2008). Réserve cognitive et fonctionnement cérébral au cours du vieillissement normal et de la maladie d'Alzheimer. *Psychologie & NeuroPsychiatrie du Vieillissement, 6*(2), 97-105.
- Karbach, J., & Kray, J. (2009). How useful is executive control training? Age differences in near and far transfer of task-switching training. *Developmental Science, 12*(6), 978-990.
- Karbach, J., Mang, S., & Kray, J. (2010). Transfer of task-switching training in older age: the role of verbal processes. *Psychology and Aging, 25*(3), 677-683.
- Kramer, A. F., Hahn, S., & Gopher, D. (1999). Task coordination and aging: Explorations of executive control processes in the task switching paradigm. *Acta Psychologica, 101*(2), 339-378.
- Kortte, K. B., Horner, M. D., & Windham, W. K. (2002). The trail making test, part B: cognitive flexibility or ability to maintain set ? *Applied Neuropsychology, 9*(2), 106-109.
- Lövdén, M., Brehmer, Y., Li, S. C., & Lindenberger, U. (2012). Training-induced compensation versus magnification of individual differences in memory performance. *Frontiers in Human Neuroscience, 141*(6), 1-14.
- Lustig, C., Shah, P., Seidler, R., & Reuter-Lorenz, P. A. (2009). Aging, training, and the brain: a review and future directions. *Neuropsychology Review, 19*(4), 504-522.
- McComb, E., Tuokko, H., Brewster, P., Chou, P. H. B., Kolitz, K., Crossley, M., & Simard, M. (2011). Mental Alternation Test: Administration mode, age, and practice effects. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, 33*(2), 234-241.
- 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.
- Moscovitch, M., & Winocur, G. (1992). The neuropsychology of memory and aging. In Craik, F. I. M., & Salthouse, T. A. (Eds). *The Handbook of Aging and Cognition*, (pp. 315-371). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Raven, J.C., Court, J.H., & Raven, J. (1986). *Manual for Raven's progressive matrices and vocabulary scales*. Oxford: Oxford Psychologists Press.

- Reitan, R. M. (1958). Validity of the Trail Making Test as an indicator of organic brain damage. *Perceptual and Motor Skills*, 8(3), 271-276.
- Rhodes, M. G. (2004). Age-Related Differences in Performance on the Wisconsin Card Sorting Test: A Meta-Analytic Review. *Psychology and Aging*, 19(3), 482-494.
- Rogers, W. A., & Fisk, A. D. (1991). Age-related differences in the maintenance and modification of automatic processes: Arithmetic Stroop interference. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 33(1), 45-56.
- Salthouse, T. A. (1990). Working memory as a processing resource in cognitive aging. *Developmental Review*, 10(1), 101-124.
- Salthouse, T. A. (1994). The aging of working memory. *Neuropsychology*, 8(4), 535-543.
- Salthouse, T. A. (2000). Aging and measures of processing speed. *Biological Psychology*, 54(1), 35-54.
- Salthouse, T. A., Atkinson, T. M., & Berish, D. E. (2003). Executive functioning as a potential mediator of age-related cognitive decline in normal adults. *Journal of Experimental Psychology: General*, 132(4), 566-593.
- Sindi, S., Fiocco, A. J., Juster, R. P., Pruessner, J., & Lupien, S. J. (2013). When we test, do we stress? Impact of the testing environment on cortisol secretion and memory performance in older adults. *Psychoneuroendocrinology*, 38(8), 1388-1396.
- Taconnat, L., Baudouin, A., Fay, S., Clarys, D., Vanneste, S., Tournelle, L., & Isingrini, M. (2006). Aging and implementation of encoding strategies in the generation of rhymes: the role of executive functions. *Neuropsychology*, 20(6), 658-665.
- Taconnat, L., Clarys, D., Vanneste, S., Bouazzaoui, B., & Isingrini, M. (2007). Aging and strategic retrieval in a cued-recall test: The role of executive functions and fluid intelligence. *Brain and Cognition*, 64(1), 1-6.
- Taconnat, L., Raz, N., Toczé, C., Bouazzaoui, B., Sauzón, H., Fay, S., & Isingrini, M. (2009). Ageing and organisation strategies in free recall: The role of cognitive flexibility. *European Journal of Cognitive Psychology*, 21(2-3), 347-365.
- Tombaugh, T. N. (2004). Trail Making Test A and B: normative data stratified by age and education. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 19(2), 203-214.
- Uittenhove, K., Burger, L., Taconnat, L., & Lemaire, P. (2014). Sequential difficulty effects during execution of memory strategies in young and older adults. *Memory*, 23(6), 806-816.
- Wechsler, D. (1997). *Wechsler Adult Intelligence Scale—3rd Edition (WAIS-3®)*. San Antonio, TX: Harcourt Assessment.

- West, R. L. (1996). An application of prefrontal cortex function theory to cognitive aging. *Psychological Bulletin*, *120*(2), 272-292.
- Wilkinson, A. J., & Yang, L. (2012). Plasticity of inhibition in older adults: retest practice and transfer effects. *Psychology and Aging*, *27*(3), 606-615.
- Zigmond, A. S., & Snaith, R. P. (1983). The hospital anxiety and depression scale. *Acta Psychiatrica Scandinavica*, *67*(6), 361-370.

Figure 1 : Evolution du temps mis pour effectuer la partie B du TMT au cours des sessions de pratique chez les jeunes adultes et les adultes âgés

Figure 1: Evolution of the time used to execute the B part of the TMT across the practice sessions in young and older adults

[Insérer par ici la Figure 1]

Valeur des p des comparaisons planifiées inter-sessions (entre n et $n+1$): * : $p < .05$, ** : $p < .01$, *** : $p < .001$

Tableau I : Moyennes (écart-type) des caractéristiques des participants (haut) et des habilités cognitives (bas) chez les jeunes adultes et les adultes âgés dans les conditions de pratique et de contrôle et les résultats des ANOVAs (Groupe d'âge x Condition)

Table I: Mean (SD) of participants' characteristics (top) and the cognitive abilities (bottom) in young and older adults in practice and control conditions and results of ANOVAs (Age group x Condition)

	Groupes Pratique		Groupes Contrôle		ANOVA 2 (Groupe d'âge) X 2 (Condition)		
	Adultes jeunes (N=15)	Adultes âgés (N=34)	Adultes jeunes (N=15)	Adultes âgés (N=44)	Effet de la condition	Effet du groupe d'âge	Interaction
Age (en années)	25.13 (4.12)	69.06 (6.82)	27.20 (6.90)	69.68 (8.16)	ns	***	ns
Niveau d'étude	12.53 (2.06)	10.29 (2.50)	13.40 (1.72)	9.90 (2.86)	ns	***	ns
Anxiété	5.60 (2.29)	4.82 (1.57)	5.13 (2.80)	5.68 (3.28)	ns	ns	ns
Dépression	5.87 (1.60)	5.00 (2.12)	4.87 (3.14)	5.86 (2.43)	ns	ns	ns
Santé subjective	3.73 (1.03)	3.85 (1.57)	4.20 (.77)	3.91 (.82)	ns	ns	ns
Vocabulaire	23.87 (3.02)	25.29 (2.74)	25.40 (4.81)	23.82 (6.20)	ns	ns	ns
Mémoire de travail	5.27 (.96)	4.21 (.73)	5.67 (2.26)	4.41 (1.69)	ns	***	ns
Vitesse de traitement	32.07 (2.94)	26.15 (3.35)	33.47 (5.90)	23.39 (8.45)	ns	***	ns

* : $p < .05$, ** : $p < .01$, *** : $p < .001$, ns : non significatif

Tableau II: Moyennes (écart-type) des temps utilisés (en secondes) pour effectuer la planche B du TMT en pré- et post- test chez les jeunes adultes et les adultes âgés dans les conditions de pratique et de contrôle et résultats des ANOVAs (Groupe d'âge x Condition)

Table II: Mean (SD) of the times used (in seconds) to execute the part B of the TMT in pre- and post-test in young and older adults in practice and control conditions and results of ANOVAs (Age group x Condition)

	Groupes Pratique		Groupes Contrôle		ANOVA 2 (Groupe d'âge) X 2 (Condition)		
	Adultes jeunes (N=15)	Adultes âgés (N=34)	Adultes jeunes (N=15)	Adultes âgés (N=44)	Effet de la Condition	Effet du Groupe d'âge	Interaction
Pré-test	93.93 (1.91)	119.65 (10.21)	84.75 (24.55)	123.39 (45.37)	ns	***	ns
Post-test	65.53 (7.54)	78.79 (9.32)	67.22 (29.00)	110.79 (37.52)	***	***	*

* : $p < .05$, ** : $p < .01$, *** : $p < .001$, ns : non significatif

Tableau III: Série d'ANOVAs présentant les effets du Groupe d'âge, de la session et l'interaction entre ces 2 facteurs sur les performances au TMT en fonction du nombre de sessions de pratique incluses dans l'analyse (1 à 10)

Table III: Set of ANOVAs presenting the effects of Age group, Session and the interactions of this two factors on the TMT performances as function of the number of practices sessions included in the analysis (1 to 10)

ANOVA 2 Groupe d'âge (Jeunes vs. Âgés) × Session :			
	Effet Groupe d'âge $F(1,47)$	Effet Session $F(1,47)$	Interaction $F(1,47)$
Pré/session 1	143.94***	0.69, ns	0.03, ns
Pré/session 1/ 2	133.64***	17.89***	0.02, ns
Pré/session 1/ 2/ 3	108.68***	29.54***	0.47, ns
Pré/session 1/ 2/ 3/ 4	85.89***	42.95***	1.02, ns
Pré/session 1/ 2/ 3/ 4/ 5	84.72***	64.79***	2.88*
Pré/session 1/ 2/ 3/ 4/ 5/ 6	82.24***	84.84***	4.67***
Pré/session 1/ 2/ 3/ 4/ 5/ 6/ 7	80.51***	95.10***	5.85***
Pré/session 1/ 2/ 3/ 4/ 5/ 6/ 7/ 8	79.68***	105.47***	6.22***
Pré/session 1/ 2/ 3/ 4/ 5/ 6/ 7/ 8/ 9	78.31***	110.17***	6.22***
Pré/session 1/ 2/ 3/ 4/ 5/ 6/ 7/ 8/ 9/ Post	77.85***	113***	6.13***

* : $p < .05$, ** : $p < .01$, *** : $p < .001$, ns : non significatif

