

**Effets de l'activité physique sur la gestion de la demande cognitive en
situation de double tâche chez les personnes âgées**

Ahmed Mahmoud Ahmad Abou Al Magd

Mémoire présenté à l'université d'Ottawa comme exigence partielle de la maîtrise
ès sciences en Sciences interdisciplinaires de la santé

Faculté des sciences de la santé

Université d'Ottawa

© Ahmed Mahmoud Ahmad Abou Al Magd, Ottawa, Canada, 2022

REMERCIEMENTS

*Je tiens tout d'abord à remercier Docteure **Sarah Fraser** pour sa supervision exceptionnelle de cette thèse, pour sa patience, son encouragement continu et ses conseils pertinents. Je la remercie énormément parce qu'elle était la première à m'ouvrir la porte de son laboratoire et qui m'a permis de poser mes premiers pas dans la recherche, il y a 5 ans. Un immense merci pour votre disponibilité, votre gentillesse et vos directions qui m'ont permis de m'épanouir non seulement dans ma vie professionnelle, mais aussi dans ma vie personnelle. Docteure Fraser, je tiens à exprimer mes sincères gratitude et ma profonde reconnaissance pour l'impact que vous avez eu sur mon parcours. Je serai toujours fier d'avoir été un de vos étudiants, Merci...Merci infiniment !*

*J'espère d'également adresser mes sincères remerciements Docteure **Julie Nantel** et Docteur **Yves Lajoie** pour avoir accepté de se présenter sur mon comité de suivi de thèse. Je vous remercie pour vos conseils que vous m'avez fournis et le temps que vous avez consacré à examiner ce travail.*

*Finalement, j'aimerais remercier **ma mère** et **mon père** pour la confiance et l'immense support qu'ils m'ont donnés tout au long de mon parcours académique, car sans eux je n'aurais pu réussir.*

Résumé

Il est aujourd'hui connu que le cortex préfrontal est associé à la régulation cognitive et le siège de diverses fonctions exécutives. De plus, il est la structure cérébrale la plus affectée par le vieillissement. Cependant, il a été démontré que l'activité physique aurait des effets bénéfiques qui pourraient maintenir l'intégrité et le fonctionnement du cortex préfrontal et ralentir en quelque sorte le vieillissement cognitif. Cela supporte l'hypothèse que les personnes âgées qui maintiennent un mode de vie actif, comparées à celles moins actives, pourront avoir une meilleure performance d'activités quotidiennes, par exemple la prise d'escaliers. Cette dernière est un mode de locomotion bipède servant l'individu de se déplacer entre deux points à différents niveaux d'hauteur. La prise d'escaliers peut prendre la forme d'une montée (se déplacer vers le haut) ou d'une descente (se déplacer vers le bas). Malgré le fait que l'hypothèse supportant la supériorité des performances des personnes âgées plus actives soit probable, sa véracité reste ambiguë vu l'insuffisance d'articles qui ont exploré la relation entre la condition physique et la demande attentionnelle d'une performance double tâche écologique (ex. prise d'escaliers en parlant). L'objectif de ce travail était d'explorer la relation potentielle entre le niveau de condition physique et la gestion de la demande attentionnelle chez les personnes âgées de 60 ans et plus, sur escaliers. Un échantillon de 22 personnes âgées (Moyenne d'âge = 72.47 ± 7.03 ans) étaient divisés en deux groupes « *Higher fit* » et « *Lower fit* », selon leurs scores sur Le « *International Physical Activity Questionnaire* ». Les sujets performant les trois conditions du « *Stair-climbing Dual-Task paradigm* », notamment, une simple tâche cognitive (*Auditory Serial Reaction Time* ; SRT), une simple tâche motrice (Montée et descente d'escaliers) et une double tâche (SRT et Montée/Descente d'escaliers) ainsi qu'un ensemble de tests neuropsychologiques. Durant les trois conditions du paradigme, nous avons acquis des changements d'oxygénation cérébrale dans le cortex préfrontale et des mesures de performances telles que la vitesse de marche, l'exactitude et la vitesse de réponse vocale. Nos résultats démontrent qu'il n'existe aucun effet significatif de la condition physique du participant sur la performance sur escaliers ni sur l'activité cérébrale du cortex préfrontal.

Mots-Clés : *Double Tâche, Personnes âgées, Cognition, Cortex préfrontal, Vieillissement, Escaliers.*

GLOSSAIRE ABRÉVIATIF

B	Baseline
CPS	Smartinsoles Cyber-Physical System
DT	Double Tâche
DT Up	Double Tâche Montée d'escaliers
DT Down	Double Tâche Descente d'escaliers
DRT	Discrimination Reaction Time
EEG	Électroencéphalogramme (EEG)
ES	Effet Statistique
FES-I	Falls Efficacy Scale-International
fIRM	Imagerie par Résonance Magnétique Fonctionnelle
fNIRS	Functional Near Infrared Spectroscopy
FSR	Force Sensing Resistors
GDS	Geriatric Depression Scale
HbO	Oxyhémoglobine
HbR	Désoxyhémoglobine
HbT	Hémoglobine Totale
IMU	Unité de Mesure Inertielle
IPAQ	International Physical Activity Questionnaire
IRM	Imagerie par Résonance Magnétique
M1	Aire Moteur Primaire
MET	Metabolic Equivalent of Task (Estimated Resting Energy Expenditure)
MoCA	Montréal Cognitive Assessment
MPU	Unité de Protection de la Mémoire
NS	Non-Significative
PET	Tomographie par Émission de Positron
PFC	Cortex Préfrontal
R	Repos
S1	Aire Somato-Sensoriel Primaire
SC	Simple Tâche Cognitive

SCWT	Stroop Color and Word Test
SIG	Signification Statistique
SM	Simple Tâche Motrice
SM Up	Simple Tâche Motrice Montée d'escaliers
SM Down	Simple Tâche Motrice Descente d'escaliers
SMA	Air Moteur Supplémentaire
SRT	Simple Reaction Time Auditory Task
TMT-A	Trail Making Test-A
TMT-B	Tail Making Test-B
TUG	Timed Up and Go Test
U. A.	Unité Arbitraire

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ.....	iii
GLOSSAIRE ABRÉVIATIF.....	iv
CHAPITRE I : DÉFINITION DU PROBLÈME.....	1
I.1. INTRODUCTION.....	1
I.2. OBJECTIFS.....	7
I.3. HYPOTHÈSES.....	8
CHAPITRE II : REVUE DE LITTÉRATURE.....	9
II.1 EFFETS DE L'ACTIVITÉ PHYSIQUE SUR LA SANTÉ COGNITIVE À UN ÂGE AVANCÉ.....	9
II.2 L'ACTIVITE PHYSIQUE SUR LA SANTÉ COGNITIVE À UN ÂGE AVANCÉ.....	11
II.3 LA DOUBLE TÂCHE.....	13
II.3.1 EFFETS DE L'ÂGE SUR LA PERFORMANCE D'UNE DOUBLE TÂCHE.....	14
II.3.2 TÂCHE. MOTRICE COMPLEXE : LA PRISE D'ESCALIERS.....	15
II.3.3 PARAGIDME DOUBLE TÂCHE PRISE D'ESCALIERS.....	17
II.3.4 MESURE DE L'ACTIVITÉ CÉRÉBRALE : <i>fNIRS</i>	19
II.3.5 EFFETS DE L'ACTIVITÉ PHYSIQUE SUR LA PERFORMANCE DE LA DOUBLE TÂCHE À UN ÂGE AVANCÉ.....	21
CHAPITRE III : MATÉRIELS ET CADRE EXPÉRIMENTAL.....	25
III.1 MATÉRIEL ET MÉTHODE.....	25
III.1.1 PARTICIPANTS.....	25
III.1.2 DÉROULEMENT DE L'EXPÉRIENCE.....	26
III.1.2.1 ÉVALUATION PHYSIQUE.....	27
III.1.2.2 « <i>STAIR-CLIMBING DUAL-TASK PARADIGM</i> ».....	28

III.1.2.3	TESTS NEUROPSYCHOLOGIQUES.....	32
III.1.3	MESURES.....	33
III.1.4	ANALYSES DES DONNÉES.....	36
CHAPITRE VI : RÉSULTATS.....		38
CHAPITRE V : DISCUSSION.....		44
V.1	ANALYSES DES RÉSULTATS.....	44
V.2	LIMITES ET RECOMMANDATIONS.....	54
CHAPITRE VI : CONCLUSION.....		57
RÉFÉRENCES.....		58
ANNEXES.....		70

CHAPITRE I : MISE EN CONTEXTE

I.1 Introduction

Le vieillissement est un processus naturel et progressif qui est généralement défini par une dégradation significative des fonctions cognitives et exécutives (Tabbarah et coll., 2002 ; Arbuckle et coll., 1986). Les fonctions exécutives représentent un ensemble de processus cognitifs de haut niveau, incluant : mise à jour d'information (coordination d'information), commutation et inhibition (Miyake et coll., 2012). La dégradation de ces fonctions est due à plusieurs changements structuraux et fonctionnels du système nerveux. Aartsen et coll. (2002) ont essayé d'identifier l'âge qui marque le début de ce déclin cognitif, ils soupçonnent que les processus exécutifs commencent à s'affaiblir progressivement pendant la quarantaine, mais ce déclin est accéléré vers l'âge de 70 ans. En effet, plusieurs études démontrent qu'après l'âge de 40 ans le cerveau humain commence à perdre 5% de son volume tous les dix ans (Al-Yahya et coll., 2011; Sparto et coll., 2013).

De plus, la diminution de taux de régénération neuronale avec l'avancée de l'âge est associée à une réduction importante des matières grises et blanches, une perte de plasticité synaptique et une détérioration significative de la gaine de myéline (Peters, 2006). Ces changements provoquent une perturbation dans la transmission et le traitement des informations qui circulent entre le système nerveux central et les autres parties du corps (Peters, 2006). Par conséquent, nous remarquons un déclin significatif de plusieurs processus cognitifs et exécutifs avec l'avancée de l'âge, notamment, du contrôle attentionnel, d'inhibition, de coordination d'information et de mémoire de travail (Buckner, 2004). Ce sont des processus qui jouent un rôle primordial dans la commande motrice et sensorielle de l'organisme (Yogev-Seligman et coll., 2008 ; Al-Yahya et coll., 2011). Une atteinte de ces fonctions est fréquemment associée à une

altération de la proprioception, la prise de décision, et le maintien d'équilibre chez une personne âgée (Alexander et Hausdorff, 2008 ; Sparto et coll., 2013). Cette dernière devient donc exposée quotidiennement à un risque accru de chutes (Muir et coll., 2012).

Le déclin cognitif qui caractérise le processus de vieillissement normal a été lié à des changements structurels et fonctionnels du cerveau, précisément, au niveau du cortex préfrontal (Jernigan et coll., 2001 ; Masliah et coll., 1993 ; Milham et coll., 2002 ; Reuter-Lorenz, 2002 ; Salat et coll., 2001). Le cortex préfrontal est la région la plus antérieure du cerveau qui est située directement derrière les yeux et le front de la tête. Il est divisé en trois zones qui se distinguent par leurs différentes implications fonctionnelles : le cortex préfrontal dorsolatéral, le cortex orbito-frontal et le cortex préfrontal médial (Ramnani et Owen, 2014). Le cortex préfrontal dorsolatéral est la partie supérieure du cortex préfrontal responsable de la gestion et la coordination des processus cognitifs, en effet, c'est une aire impliquée dans la planification, la flexibilité cognitive, l'inhibition d'informations inutiles et la mémoire de travail (Ramnani et Owen, 2014). Le cortex préfrontal dorsolatéral reçoit l'information des régions associatives sensorielles, limbiques et paralimbiques, puis en collaboration avec la mémoire de travail fait une reconstruction de l'environnement externe, cette reconstruction est ensuite projetée vers les régions motrices du cerveau pour une exécution motrice appropriée (Ramnani et Owen, 2014). Le cortex préfrontal Orbito-frontal est la zone du cortex préfrontal responsable des processus cognitifs impliqués dans la prise de décision et la régulation émotionnelle. Cette partie du cortex préfrontal est profondément liée au système limbique (hypothalamus, hippocampe, amygdale et fornix) qui est considéré comme le centre émotionnel du cerveau. Le cortex préfrontal orbito-frontal utilise donc cette information issue du système limbique afin de juger, évaluer et percevoir les réactions et les conséquences émotionnelles d'un comportement avant de prendre la décision de l'exécuter

(Ramnani et Owen, 2014). Le cortex préfrontal médial est aussi lié au processus de prise de décision, mais de manière plus générale et plus inclusive. Plus précisément, le cortex préfrontal médial est impliqué dans la formation des « Schémas » de prise de décision (Ramnani et Owen, 2014). Ces Schémas sont des construits d'expériences passées, de jugements et de croyances qui façonnent nos interprétations des stimuli environnementaux et, par conséquent, guident nos réactions et notre prise de décision (Van Kesteren et Brown, 2014).

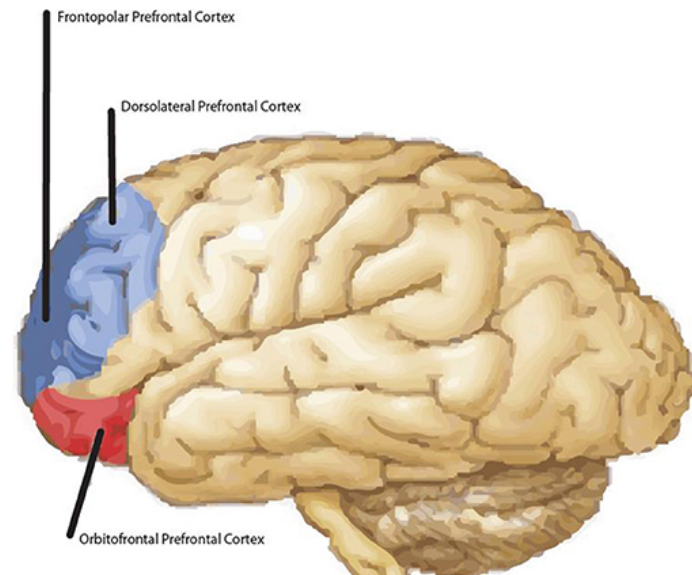


Image 1. Représentation des différentes régions du cortex préfrontal (Light, 2019)

Plusieurs études ont démontré que le cortex préfrontal est la région du cerveau la plus touchée par le processus du vieillissement (Jernigan et coll., 2001 ; Masliah et coll., 1993 ; Milham et coll., 2002 ; Reuter-Lorenz, 2002 ; Salat et coll., 2001). Ces changements font en sorte que le cortex préfrontal présente un niveau d'activation inférieure à celle du restant du cerveau et que cela se manifeste par le déclin cognitif qui caractérise le processus de vieillissement normal (Milham et coll., 2002). Cette relation entre le déclin cognitif à un âge avancé et les changements anatomiques et fonctionnels du cortex préfrontal a été sujet exploré par de nombreuses recherches précédentes (Cabeza et Dennis, 2013 ; Daigneault et coll., 1992 ; Greenwood, 2000 ; Kolb et Whishaw, 1990 ; West, 1996). Ces travaux ont amené à l'élaboration du « *frontal lobe hypothesis* », une des hypothèses les plus importantes dans le domaine de la recherche sur le vieillissement (Cabeza et Dennis, 2013). Cette hypothèse stipule qu'avec l'âge, seules les fonctions cognitives dépendantes du cortex préfrontal vont subir une détérioration importante et que celles non dépendantes du cortex préfrontal resteront relativement intactes (Daigneault et coll., 1992 ;

Greenwood, 2000 ; Kolb et Whishaw, 1990 ; West 1996). Une telle hypothèse se base sur 2 faits principaux : (1) le cortex préfrontal, comparé au restant du cerveau, subit les plus grands changements anatomiques avec l'âge et (2) le déclin cognitif observé dans le vieillissement tend à être plus prononcé dans les tâches qui font appel aux ressources exécutives du cortex préfrontal (Cabeza et Dennis, 2013).

Premièrement, il a été démontré que le cortex préfrontal est la région du cerveau le plus atrophié et qui subit la plus grande réduction de densité synaptique avec l'avancement de l'âge (Cabeza et Dennis, 2013 ; Jernigan et coll., 2001 ; Masliah et coll., 1993). Par exemple, Raz et coll. (2004) démontrent que la perte de matière grise qui accompagne le vieillissement semble être plus importante et plus rapide au niveau du cortex préfrontal latéral et dorso-latéral, comparé aux autres régions corticales. De manière similaire, la perte de matière blanche a été observée plus prononcée au niveau des régions frontales du cerveau. En effet, plusieurs études démontrent que la matière blanche frontale fait preuve de plus d'atteintes à son intégrité (artériosclérose, ischémie, perte de gaine de myéline, etc.) avec l'âge, par rapport, à la matière blanche des zones postérieures cérébrales (Fernando et coll., 2006 ; Yoshita et coll., 2006). De plus, il a été aussi démontré que le cortex préfrontal se distingue par une réduction importante dans la concentration du neurotransmetteur dopamine ainsi qu'une diminution significative de la densité de ses récepteurs (Volkow et coll., 2000). Ce neurotransmetteur est estimé moduler le niveau d'activation du cortex préfrontal, par conséquent, un tel déficit contribue à la détérioration des performances cognitives médiées par le cortex préfrontal (Volkow et coll., 1998).

Deuxièmement, l'effet sélectif qu'exerce le vieillissement sur les processus exécutifs du cortex préfrontal apparaît aujourd'hui de plus en plus évident. Justement, il a de nombreuses recherches qui démontrent qu'à un âge avancé notre contrôle exécutif devient moins dominant ce

qui fait que nous devenons de moins en moins capables de gérer et réaliser plusieurs tâches simultanément (Anderson et coll., 1998 ; Fraser et Bherer, 2013 ; Lindenberger et coll., 2000). Ce déclin du fonctionnement exécutif se manifeste par une capacité réduite d'inhiber les informations sensorielles non pertinentes (Hasher et Zacks 1988), et de se servir de nos mémoires de travail (Dobbs and Rule, 1989 ; Wiegersma et Meertse, 1989) et épisodiques (Old et Nevah-Benjamin 2008).

Même si nous voyons un déclin dans les fonctions exécutives du cortex préfrontal avec l'âge, il y a des études qui ont démontré que la pratique d'activités physiques a des effets bénéfiques sur les performances cognitives dépendantes du cortex préfrontal (Dupuy et coll., 2015 ; Fredenberger et coll., 2016 ; Mekari et coll., 2015). L'activité physique comprend toute réalisation de mouvements corporels qui engendrent une augmentation significative de la dépense énergétique Organisation mondiale de la santé [(OMS), 2017]. Elle peut inclure à la fois l'exercice sportif ou les mouvements effectués dans sa vie quotidienne lors du travail, les loisirs ou l'accomplissement des tâches ménagères (OMS, 2017). Généralement, le niveau d'activité physique est évalué selon des mesures précises dont les plus importants sont la fréquence (par ex, nombre de séances par semaine), l'intensité (forte, modérée ou légère), la durée et la nature de l'activité physique (American College of Sports Medicine [ACSM), 2000]. En santé publique, une activité physique d'intensité « modérée » est définie par tout effort physique qui entraîne une dépense énergétique quotidienne moyenne de 3 à 6 MET (« *Metabolic equivalent of task* » : consommation énergétique 3 à 6 fois supérieures à celle utilisée au repos), ce qui équivaut à environ 1 à 2 heures de marche. Les activités engendrant des valeurs MET inférieures à 3 et supérieures à 6 sont considérées d'intensité « légère » et « vigoureuse », respectivement (ACSM, 2000 ; Statistique Canada, 2015).

L'amélioration des performances cognitives liées au niveau d'activité physique est dû au fait que l'activité physique est associée à une augmentation de la vascularisation (Dustman et coll., 1990), la synaptogenèse (Stein et coll., 2018), l'oxygénation (Cabral et coll., 2017 ; Dupuy et coll., 2015 ; Mekari et coll., 2019) et l'intégrité des matières blanches et grises (Colcombe et coll., 2004 ; Gons et coll., 2013) au niveau du cortex préfrontal. En particulier, l'étude de Dupuy et coll. (2015) examinait l'oxygénation cérébrale des femmes (jeunes et âgées) « *Higher et Lower fit* » déterminé par leur VO₂max et ils ont démontré que les femmes « *Higher fit* » performaient mieux sur les tâches cognitives (Stroop Test) et avaient une augmentation de l'oxygénation cérébrale comparée aux femmes « *Lower fit* ». Leur conclusion était que les femmes « *Higher fit* » pouvaient répondre aux demandes des tâches cognitives et mieux engager leurs ressources cérébrales à cause de leur condition physique supérieure.

La technologie d'imagerie spectroscopique proche infrarouge fonctionnelle (fNIRS) est un outil portable qui est utilisé afin de quantifier l'activation du cortex préfrontal (Kim et coll., 2017). En effet, il s'agit d'un bandeau à capteurs optiques porté sur le front, ces capteurs nous permettent de mesurer « in vivo » les changements des niveaux d'oxygénation et de désoxygénation qui sont considérés comme des indicateurs de l'activation et de la désactivation du cortex préfrontal, respectivement (Miyai et coll., 2001 ; Fraser et coll., 2016 ; Kim et coll., 2017). Ceci est une technique d'imagerie qui est moins touchée par des artefacts de mouvements que d'autres techniques d'imagerie, tel que l'imagerie par résonance magnétique (IRM) et électroencéphalogramme (EEG), ce qui la rend une technique idéale pour des études de mobilité et d'exercice (Ekkekakis, 2009). Plusieurs études ont utilisé fNIRS pour identifier les changements d'oxygénation cérébrale (ΔHbO_2) associées à la santé cardiorespiratoire ou niveau de condition physique (« *fitness* ») (Agbangla et coll., 2019 ; Albinet et coll., 2014 ; Mekari et al., 2019). En

accord avec Dupuy et coll. (2015), les études fNIRS démontrent que les personnes avec une meilleure condition physique (« *Higher fit* ») avaient une meilleure réponse cérébrale (augmentation d'oxygénation ΔHbO_2) et meilleures performances sur les tâches cognitives comparé à ceux qui avaient une condition physique inférieure (« *Lower fit* ») (Agbangla et coll., 2019 ; Albinet et coll., 2014 ; Mekari et al., 2019).

Il est de toute évidence que le vieillissement est accompagné de changements anatomiques et fonctionnels au niveau du cortex préfrontal et que ces changements sont liés à la détérioration significative des performances contrôlées par cette région du cerveau. Pourtant, les récentes découvertes qui mettent en preuve les multiples effets bénéfiques de l'activité physique qui peuvent ralentir le déclin naturel des processus cognitifs et exécutifs dépendants du cortex préfrontal, avec l'avancement de l'âge (Agbangla et coll., 2019 ; Albinet et coll., 2014 ; Dupuy et coll., 2015 ; Mekari et al., 2019). Ce mémoire vise donc d'évaluer l'influence du niveau de condition physique chez les personnes âgées sur l'activité du cortex préfrontal dans une situation de prise d'escaliers (montée et descente d'escaliers) en double tâche.

I.2 Objectives

Le but de ce présent projet est d'examiner les effets de l'activité physique sur plusieurs indicateurs de performances d'une prise d'escaliers en double tâche, chez les personnes âgées. Cette thématique n'a été réellement abordée que dans peu d'études précédentes (Spiriduso, 1975 ; Hawkins et coll., 1992 ; Erickson et coll., 2007 ; Dorfman et coll., 2014 ; Wong et coll., 2015). De plus, les participants à ces études ont été testés dans des environnements expérimentaux très contrôlés (marcher dans un couloir ou sur un tapis roulant). Cette étude se distingue par sa démarche novatrice qui nous permettra de mesurer les paramètres d'une double tâche marche chez

des participants qui effectuent une activité quotidienne, par exemple en montant et descendant les escaliers. Malgré le fait que la prise des escaliers est une activité que nous faisons face chaque jour, très peu de recherches l'ont incorporé dans une étude de double tâche (Ojha et coll., 2009 ; Vallabhajosula et coll., 2015 ; Madehkhaksar et Egges, 2016). Le présent projet vise donc à combler ce manque de connaissances en utilisant deux nouvelles technologies portables, les semelles qui quantifient la démarche (« *Gait analysis insoles* ») et le fNIRS, pour mesurer les paramètres physiques de la double tâche et examiner « in vivo » les changements simultanés de concentrations hémodynamiques du cerveau, respectivement.

Les paramètres examinés sont présentés ci-dessous :

- 1- Le fonctionnement de certains processus cognitifs et exécutifs, notamment, l'exactitude et la vitesse de traitement de l'information, chez les personnes âgées « *Higher fit* » et « *Lower fit* », en situation de simple et double tâche pendant la prise des escaliers.
- 2- La vitesse de prise d'escaliers chez les personnes âgées « *Higher fit* » et « *Lower fit* », en situation de simple et double tâche pendant la prise des escaliers.
- 3- L'activité cérébrale du cortex préfrontal en situation de simple et double tâche pendant la prise des escaliers, chez les personnes âgées « *Higher fit* » et « *Lower fit* ».

I.3 Hypothèses

Nous avons émis les hypothèses suivantes :

- Au niveau neurologique, une amélioration du contrôle exécutif est associée à une augmentation d'oxygénation du cortex préfrontal chez les personnes âgées « *Higher fit* » comparées à celles qui sont « *Lower fit* ».
- Au niveau de performances, les personnes âgées « *Higher fit* » auront une meilleure performance exécutive sur escaliers, comparées à celles qui sont « *Lower fit* ».

CHAPITRE II : REVUE DE LITTÉRATURE

II.1. LA SANTÉ COGNITIVE À UN ÂGE AVANCÉ

Il est tout à fait évident que le vieillissement normal affecte le fonctionnement cérébral de plusieurs manières menant au déclin cognitif lié à l'âge. Cependant, il est important de souligner que ce déclin cognitif peut varier selon une personne à l'autre. Dans le sens que ce déclin peut être plus rapide ou plus aggravée chez certaines personnes âgées comparées à d'autres (Habib, Nyberg, et Nilsson, 2007). Afin d'expliquer cette variété inter-individuelle de performances cognitives à un âge avancé, Cabeza et coll. (2018) se basent sur trois différents concepts. Premièrement, les auteurs introduisent le concept de « réserve cognitive » dont ils définissent comme une accumulation progressive de ressources neuronales qui ait lieu au cours de nombreuses années de vie. Cette accumulation est plus accentuée au cours de l'enfance et du début de l'âge adulte. Au niveau anatomique, cette accumulation se traduit par une neurogenèse augmentée et une connectivité neuronale améliorée de façon à produire des réseaux neuronaux plus accessibles et plus efficaces sur le plan de la performance cognitive. Les auteurs précisent plusieurs facteurs qui sont associés avec l'augmentation de la « réserve cognitive », notamment, l'éducation, l'activité physique, l'inclusion sociale, et le bilinguisme.

Ils affirment que les personnes âgées qui ont accumulé un plus large « réserve cognitive » au cours des années peuvent subir un déclin cognitif plus ralenti avec l'avancement de l'âge. Deuxièmement, Cabeza et coll. (2018) définissent le concept de la « maintenance cognitif » comme un processus dynamique qui permet de réparer et de préserver les ressources neuronales après les atteintes cellulaires et moléculaires qui accompagnent l'avancement de l'âge. Les chercheurs précisent que cette capacité dépend de la fréquence et la gravité des atteintes ainsi que l'efficacité des mécanismes de réparation suite aux atteintes. Dans ce sens, la capacité de préserver

les ressources neuronales au cours des années est favorisée par deux facteurs : l'exercice et la demande cognitive quotidienne. En effet, les individus qui font de l'exercice régulier et qui performant des tâches quotidiennes qui requièrent un engagement cognitif ont généralement des mécanismes de réparation neuronaux plus rapides et plus efficaces. Par conséquent, ces individus sont capables de préserver l'intégrité et la fonctionnalité neuronales qui leur permet de mieux vieillir au niveau cognitif comparés aux individus qui sont moins physiquement actif et qui sont moins engagés au niveau cognitif.

Troisièmement, le concept de la « compensation cognitif » est présenté par Cabeza et coll. (2018) en tant qu'un recrutement accentué de ressources neuronales qui nous permet de mieux gérer les situations à demande cognitive élevée. Les chercheurs décrivent trois types de compensation cognitive. Le premier type est la compensation par régulation à la hausse des processus neuronaux en faisant face à des tâches présentant un défi cognitif. Les auteurs expliquent qu'en utilisant ce type de compensation, les personnes âgées recrutent les mêmes processus recrutés par les individus plus jeunes faisant la même tâche, par contre, les plus âgées recrutent ces processus de manière plus prolongée. Le deuxième mécanisme de compensation adopté par les personnes âgées est celui par sélection de certains processus cognitifs qui sont disponibles mais généralement non engagés par les individus plus jeunes performant la même tâche. Cabeza et coll. (2018) expliquent qu'à jeune âge nous tendons à recruter les processus cognitifs les plus efficaces en termes de performances, tandis qu'à un âge avancé nous tendons à « sélectionner » les processus cognitifs les plus facilement accessible mais qui peuvent ne pas être nécessairement les plus efficaces. Finalement, la compensation par réorganisation des processus cognitifs dont un individu fait appel lorsque ses ressources neuronales sont touchées par des atteintes dues au vieillissement

normal ou dues à des évènements pathologiques. Dans ce contexte, l'individu développe des nouveaux réseaux neuronaux afin d'exécuter les fonctions de la région endommagée.

II.2. L'ACTIVITÉ PHYSIQUE SUR ET SANTÉ COGNITIVE À UN ÂGE AVANCÉ

Aujourd'hui, il est évident que l'activité physique a plusieurs effets bénéfiques sur la santé cognitive (Bherer et coll., 2013). En effet, cette association positive a été démontrée à plusieurs reprises dans des travaux précédents (Barber et coll., 2011 ; Kumari et coll., 2010 ; Radak et coll., 2007 ; Uchida et coll., 2006 ; Van Praag, 2009). Par exemple, l'exercice physique a été associé à une activation accentuée de plusieurs facteurs de croissance vasculaires et neurotrophes, incluant, le facteur de croissance 1 ressemblant à l'insuline (IGF-1), le facteur neurotrophique issu du cerveau (BDNF) et le facteur de croissance de l'endothélium vasculaire (VEGF). Ces évènements sont susceptibles d'augmenter la neurogenèse, l'angiogenèse cérébrale, la plasticité synaptique et la densité des épines dendritiques au sein de l'hippocampe, chez un sujet actif (Van Praag, 2009 ; Barber et coll., 2011). Ils sont aussi associés à une meilleure vascularisation cérébrale et donc réduisent le risque de développer des accidents vasculaires cérébraux ou des maladies neurodégénératives (Kumari et coll., 2010 ; Uchida et coll., 2006).

Dans le même ordre, Radak et coll. (2007) démontrent dans leur revue systématique que l'activité physique régulière réduit la production des espèces réactives de l'oxygène (ERO) au sein du système nerveux central. Le stress oxydatif causé par l'accumulation des ERO, avec l'avancée de l'âge, est associé au vieillissement cognitif et augmente le risque de nombreuses atteintes neurodégénératives. Les auteurs expliquent cet effet protecteur par la capacité de l'exercice physique à stimuler l'activation des enzymes antioxydants tel que les superoxydes dismutases (SOD) et la glutathion peroxydase (GPx) dans les différentes régions du système nerveux central.

L'activité physique semble très efficace en ce qui concerne les performances cognitives et exécutives liées au cortex préfrontal. Cette association positive a été soulignée par Baker et coll. (2010) qui démontre que la pratique de l'exercice aérobique régulier pour 6 mois (4 séances de 45-60 minutes par semaine) est susceptible d'améliorer l'attention sélective et divisée, l'inhibition, la flexibilité cognitive et la mémoire du travail, chez les aînés (avec et sans des troubles cognitifs légers). De même, l'étude menée par Brown et coll. (2010), auprès de 42 femmes avec un âge moyen de 65.1 ans, confirme l'existence d'un effet positif de l'activité physique régulière sur le raisonnement spatial, la mémoire, l'aisance verbale, la vitesse de traitement de l'information, l'attention ainsi que d'autres processus exécutifs. Dans le même sens, Boots et coll. (2015) affirment qu'une aptitude cardiorespiratoire (CRF) supérieure aurait des effets stimulants et bénéfiques sur les habiletés cognitives, chez les personnes âgées. Ils notent que les sujets menant une vie active étaient plus performants en termes d'habiletés visuospatiales, de vitesse, de flexibilité, de mémoire et d'apprentissage verbal.

Plus précisément, de récentes études ont démontré que la pratique d'activité physique a des effets neurophysiologiques spécifiques sur le cortex préfrontal (Colcombe et coll., 2004 ; Dupuy et coll., 2015 ; Sonntag et coll., 2005 ; Tsai et coll., 2015). Par exemple, Tsai et coll. (2015) ont testé les effets de la pratique de long-terme d'un exercice de résistance sur les fonctions exécutives chez les personnes âgées de 65-79 ans. Les auteurs trouvent que les individus ayant suivi une telle intervention étaient plus performants au niveau des processus exécutifs étroitement liés au cortex préfrontal (Temps de réaction, discrimination entre stimulus et attention). Tsai et coll. (2015) expliquent que ces effets se traduisent au niveau neurophysiologique par une augmentation significative du taux de facteur de croissance 1 (IGF-1), un facteur stimulant la croissance des cellules gliales, la myélinisation ainsi que la neurogénèse (Sonntag et coll., 2005).

Dans le même sens, Colcombe et coll. (2004) ont mis en évidence les effets de l'activité aérobie sur les fonctions exécutives du cortex préfrontal. Justement, un niveau d'activation supérieure de différentes régions du cortex préfrontal, et donc de meilleures performances cognitives, a été observé chez les personnes âgées avec une meilleure condition cardiovasculaire. Les auteurs estiment l'exercice aérobie aurait des effets neurophysiologiques bénéfiques qui sont à la cause de la supériorité cognitive des sujets plus actifs. Parmi ces effets, une augmentation de la densité synaptique et de la vascularisation de la matière grise du cortex préfrontal.

L'oxygénation cérébrale est un autre paramètre qui pourrait expliquer les effets la pratique régulière d'activité physique sur le niveau d'activation du cortex préfrontal. Sur ce sujet, Dupuy et coll. (2015) ont évalué l'attention et les fonctionnements exécutifs (avec la tâche Stroop) chez 36 femmes âgées de 55 à 72 ans divisées en deux groupes, « *High Fit* » et « *Low Fit* » selon leurs conditions cardiorespiratoires (VO_{2max}). Les auteurs trouvaient que comparé à des sujettes avec une santé cardiovasculaire plus basse, les sujettes avec d'une santé cardiovasculaire plus élevée se sont distinguées par des meilleures performances exécutives et que ces performances ont corrélées avec des taux d'oxygénation supérieure, spécifiquement au niveau du gyrus frontal inférieur droit.

II.3 LA DOUBLE TÂCHE

Dans la vie de tous les jours, les tâches motrices sont bien souvent réalisées en association avec une autre tâche cognitive de complexité variante. Par exemple, nous marchons souvent en tenant une discussion avec quelqu'un, en parlant au téléphone ou même en lisant un texte. Ces genres de situations de double tâche sont relativement fréquents et peuvent se produire plusieurs fois au cours d'une journée (Brustio et coll., 2017 ; Fraser & Bherer, 2013). En effet, une double tâche se définit comme toute situation impliquant une réalisation simultanée de deux tâches. Cette situation est relativement complexe car elle combine non seulement la complexité de chaque tâche,

mais aussi la coordination des deux tâches, ce qui implique une charge mentale supplémentaire (Verhaeghen et coll., 2003). On entend par coordination, l'habilité d'une personne à gérer et réaliser deux ou plusieurs tâches nécessitant un coût attentionnel, simultanément, de manière précise et harmonieuse (Kirschner et coll., 2018). Le niveau de cette charge peut varier selon la difficulté et la nature des deux activités accomplies simultanément, mais aussi selon l'âge de la personne qui les effectue (Fraser & Bherer, 2013).

II.3.1. Effets de l'âge sur la performance d'une double tâche :

La performance de la double tâche, chez les personnes âgées, a été sujette de plusieurs études. Ces dernières sont convenues, en majorité, que l'avancement de l'âge a un impact négatif sur la capacité de gérer deux tâches simultanément (Fraser et Bherer, 2013). Par exemple, Brustio et coll. (2017) ont examiné les différences de performances motrices en situation de doubles tâches chez trois groupes de femmes avec des âges moyens de 25, 48 et 73 ans, respectivement. Les auteurs notent qu'en situation de double tâche, les sujettes les plus âgées étaient les moins performantes sur plusieurs composantes du test de performance physique Timed up and go (TUG), notamment, la transition assis-debout, l'initiation de la marche, l'accélération-ralentissement et le changement de direction.

Lindenberger et coll. (2000) ont également comparé les performances en situation de double tâche chez des sujets aînés à celles des jeunes adultes. Ils notent un abaissement significatif de performances chez les sujets plus âgés. Les auteurs associent cet abaissement au coût attentionnel accru de la double tâche à un âge avancé. Ils expliquent qu'en situation de double tâche, un jeune adulte sera capable d'effectuer une tâche relativement simple et sur-apprise, comme la marche, de manière automatique et donc de focaliser l'ensemble de ses ressources attentionnelles sur la tâche cognitive. Au contraire, cette capacité d'exécution automatique des

tâches suffisamment simples est perdue à un âge avancé. Dans ce cas, la réalisation des deux tâches nécessite un engagement attentionnel ce qui oblige la personne à partager ses ressources attentionnelles sur les deux tâches. Dans une étude similaire, Li et coll. (2001) arrivèrent aux mêmes conclusions lorsqu'ils ont comparé la capacité de mémoriser en marchant des personnes âgées à celle des sujets plus jeunes.

D'autres études ont tenté, à leurs tours, d'expliquer les raisons derrière le déclin de performances en situation de double tâche, chez les personnes âgées. À titre d'exemple, Brustio et coll. (2017) ont exploré la relation entre la performance en situation de double tâche et la crainte de chuter chez 89 sujets âgés entre 60 et 80 ans. Leurs résultats indiquent qu'ils existent une association négative entre la crainte de chuter et les performances de marche en situation de double tâche. De même, Chamberlin et coll. (2005) et Donoghue et coll. (2013) observèrent que les sujets âgés qui craignent de tomber marchaient plus lentement et prenaient des pas plus courts et moins de variables, en situation de double tâche. La crainte de chuter est un sentiment prévalent chez les personnes âgées, surtout ceux, parmi eux, qui ont des expériences antérieures de chutes. Elle se définit par le manque de confiance en ses propres aptitudes à effectuer certaines activités sans tomber (Scheffer et coll., 2008). Gage et coll. (2003) suggèrent que l'anxiété associée à cette crainte provoque une réduction de ressources cognitives et attentionnelles qui se traduit par un abaissement des performances lors de l'exécution de la double tâche.

II.3.2. Tâche motrice complexe : la prise d'escaliers

L'autonomie d'une personne est indissociable de sa capacité à performer un ensemble d'activités de vie quotidienne (*Barthel Index of Activities of Daily Living* ; Collin et coll., 1988). Parmi ces activités, on compte notamment la prise d'escaliers (Yali et coll., 2014). Cette dernière,

consiste d'un mode de locomotion bipède qui se compose de deux phases principales, une phase d'appui et une phase oscillante (Amirudin et coll., 2014 ; Zachazewski et coll., 1993). La première phase correspond à environ 65% d'un cycle de montée ou de descente d'escaliers et peut prendre la forme d'un double appui (deux pieds au contact du sol) ou d'un appui unipodal (un pied au contact du sol). En revanche, la deuxième phase correspond à environ 35% d'un cycle de montée ou de descente d'escaliers, au cours de cette phase le membre inférieur décolle pour placer le pied sur la marche supérieure ou inférieure (Amirudin et coll., 2014 ; Yali et coll., 2014 ; Zachazewski et coll., 1993).

Plus complexe que la marche sur terrain plat (Eves et Masters, 2006 ; Yali et coll., 2014), la prise d'escaliers est réalisée avec facilité par des individus jeunes en bonne santé, pourtant, elle devient une véritable épreuve à un âge avancé. Williamson et Fried (1996) soulignent que la montée et la descente des escaliers demeurent parmi les cinq tâches perçues les plus difficiles par les personnes âgées de 60 ans et plus. En effet, la contrainte posturale et physique sous-jacente est aggravée non seulement par la complexité de la tâche, mais aussi par plusieurs autres facteurs liés à l'âge, notamment, la vision réduite, l'affaiblissement musculaire et cognitif, la perte d'équilibre et la crainte de chute (Startzell et coll., 2000). Dans le même sens, Novak and Brouwer (2011 & 2012) démontrent que la perte significative de force musculaire des membres inférieures, associée à l'âge, réduit la capacité de l'individu à contrôler son centre de masse corporel et maintenir son équilibre sur les escaliers. Également, Shumway-Cook et coll. (1997) ont expliqué que le niveau de complexité d'une tâche est directement proportionnel à sa demande cognitive. Les auteurs ajoutent que cette demande cognitive, si non atteinte, peut possiblement altérer la stabilité posturale.

II.3.3. Paradigme Double tâche-Prise d'escaliers

En recherche, la double tâche est souvent utilisée pour déterminer l'implication des processus cognitifs et exécutifs dans une tâche motrice, en examinant dans quelle mesure son exécution sera gênée par la performance simultanée d'une autre tâche cognitive (Yogev-Seligmann et coll., 2008 ; Agmon et coll., 2014). Les paradigmes expérimentaux de double tâche consistent souvent à d'abord faire réaliser au sujet une simple tâche cognitive seule (Ex : *serial reaction time task* ; *SRT*), puis une simple tâche motrice seule (Ex : la prise des escaliers) et enfin le sujet est demandé d'effectuer les deux tâches de manière concomitante (Ex : *SRT* et la prise des escaliers). Les performances en situation de simples et doubles tâches sont ensuite comparées. La différence en termes de performances dans les deux situations est considérée comme une mesure des coûts attentionnels de ces tâches (Bardy 1991). Cette mesure peut donc être utilisée afin de déterminer à quel point les processus cognitifs sont impliqués dans le contrôle postural et la locomotion (Lajoie et coll., 1996 ; Fraser & Bherer, 2013).

En ce sens, de nombreux chercheurs ont utilisé les paradigmes de double tâche afin d'examiner la charge attentionnelle et/ou cognitive associée au contrôle postural pendant la prise des escaliers. Madehkhaksar et Egges (2016) ont récemment testé les performances des participants faisant une double tâche lors d'une montée d'escaliers à différents angles d'inclinaison. Les auteurs affirment que la contrainte posturale était accentuée avec l'augmentation de l'angle d'inclinaison et du niveau de complexité de la tâche secondaire (manuelle ou cognitive). Dans les deux cas, l'optimisation du contrôle postural et de la performance de la tâche secondaire obligeait les participants à compromettre leur vitesse de marche et leur stabilité corporelle. Dans une étude similaire, Vallabhajosula et coll. (2015) ont démontré que l'impact de la performance simultanée d'une tâche secondaire sur une montée d'escalier peut varier selon la nature de la tâche

secondaire ou la phase de la montée. Ainsi, une tâche secondaire cognitive aurait plus d'impact sur la vitesse de la montée et la force articulaire qu'une tâche secondaire manuelle. De plus, cet impact est aggravé à des phases de montée plus hautes.

Ojha et coll. (2009) étaient les premiers à explorer l'effet de l'âge sur l'ampleur de la charge mentale associée à la montée et la descente des escaliers. Dans cette intention, les auteurs ont comparé les performances d'une tâche cognitive principale (*Simple Reaction Time Task*) en conditions de simple et double tâche. Dans la première condition, les participants ont été demandés de rester debout et de répondre au plus rapidement possible en disant « *Bah* » à chaque stimulus auditif. Dans la deuxième condition, le participant performait la tâche cognitive principale tout en montant et descendant un montage expérimental d'escaliers. Ojha et coll. (2009) ont finalement démontré que les coûts attentionnels de la prise des escaliers sont plus importants chez les participants âgés comparés aux jeunes. Les participants âgés présentaient des temps de réaction vocaux (ms) largement plus lents comparés au groupe de jeunes adultes (environ 121 millisecondes de différences). Par contre, les auteurs ne rapportent aucune différence dans le coût attentionnel lié à la montée d'escaliers et celui lié à la descente.

En ce sens, il s'avère pertinent de préciser les techniques qui ont été utilisées afin de capturer les paramètres de performances physiques sur les escaliers. Ainsi Madehkhaksar et Egges (2016) ont utilisé le système *Vicon Motion* (Oxford, UK) d'analyse de mouvement tridimensionnel à 14 caméras. Les chercheurs précisent qu'ils avaient placé un total de 35 marqueurs ont été placé sur le corps des sujets afin de capturer les paramètres cinématiques sur escaliers. Ces données ont été ensuite analysées par le programme *Vicon Nexon Software* afin d'extraire la vitesse qui a été utilisée comme indicateur de performance motrice sur escaliers. Vallabhajosula et coll. (2015) ont

utilisé une démarche similaire que Madehkhaksar et Egges (2016) avec un système capture de mouvement à 8 caméras, appelé *Motion Analysis* (Santa Rosa, CA).

De l'autre côté, Ojha et coll. (2009) ont utilisé un métronome afin de s'assurer que les participants maintiennent une cadence régulière à travers tous les essais expérimentaux. Avant le début de l'expérience, les chercheurs ont permis aux participants de monter et de descendre les escaliers à plusieurs reprises (minimum 5 montées et 5 descentes), jusqu'à ce qu'ils soient capables de reproduire la montée et la descente d'escaliers à un rythme confortable et régulier. Les participants étaient ensuite demandés de maintenir ce rythme à chaque essai expérimental.

II.3.4. Mesure l'activité cérébrale : fNIRS

L'imagerie spectroscopique proche infrarouge fonctionnelle (*fNIRS*) est une technique d'imagerie qui permet de quantifier l'activité cérébrale par l'intermédiaire de capteurs optiques placés sur le cuir chevelu (Kim et coll., 2017). Contrairement aux autres techniques d'imagerie cérébrale (l'imagerie par résonance magnétique (*IRM*), électroencéphalogramme (*EEG*), tomographie par émission de position (*PET*), etc.), la *fNIRS* se distingue par son approche non invasive et portable ainsi que sa capacité de mesurer « in vivo » les changements simultanés de concentrations hémodynamiques dans les tissus neuronales du cerveau durant des tâches statiques et motrices (Tanaka et coll., 2014). De plus, *fNIRS* est une technique qui cible les changements d'oxygénation dans le cortex préfrontale (PFC), étroitement lié aux fonctions exécutives (Kim et coll., 2017 ; Stuss and Benson, 1986). En effet, elle utilise une combinaison de deux longueurs d'onde continues (760 et 850 nm) pour mesurer les concentrations de certains chromophores impliqués dans l'activité neuronale, comme l'oxyhémoglobine [HbO_2], la désoxyhémoglobine

[HbR] et l'hémoglobine totale [HbT = (oxyhémoglobine + deoxyhémoglobine)] (Strait et coll., 2014 ; Kim et coll., 2017).

En recherche, les taux d'oxyhémoglobine [HbO₂] sont souvent considérés comme un indicateur du niveau d'activation cérébrale (Miyai et coll., 2001). Ainsi, la *fNIRS* s'est montrée très utile pour observer et modéliser les changements de l'activité cérébrale liée à la locomotion (Miyai et coll., 2001 ; Suzuki et coll., 2004 ; Harada et coll., 2009 ; Huppert et coll., 2013 ; Fraser et coll., 2016). Par exemple, Suzuki et coll. (2004) ont utilisé cette technique d'imagerie pour investiguer l'implication des différentes régions du cortex frontal dans le contrôle locomoteur à différentes vitesses de marche, sur un tapis roulant, chez des participants âgés de 22 à 46 ans. Les auteurs observèrent que les taux d'HbO₂ et HbT du cortex préfrontal augmentèrent avec l'augmentation de la vitesse de locomotion et de cadence. Dans le même sens, une activation plus élevée du PFC était associée aux formes de marches qui sont plus demandant au niveau cognitif (Huppert et coll., 2013 ; Koenraadt et coll., 2013 ; Mirelman et coll., 2014 ; Fraser et coll., 2016).

En effet, certaines études se sont servies du *fNIRS* afin d'explorer les changements hémodynamiques associés à des formes plus complexes de marche, notamment, les pas à précision. À titre d'exemple, Huppert et coll. (2013) ont pu observer une activation supérieure dans les régions cérébrales impliquées dans la régulation des processus exécutifs chez 10 participants (21-47 ans) qui devaient suivre des indices de pas en marchant. Également, Koenraadt et coll. (2013) ont examiné les changements hémodynamiques dans le cortex préfrontal, l'aire motrice supplémentaire (SMA), les aires motrices primaires (M1) et l'aire somato-sensoriel primaire (S1), chez 11 participants (19-27 ans) en situation de marche ordinaire et en situation de marche à pas précis. Les auteurs ont seulement observé des différences hémodynamiques au niveau du cortex préfrontal qui présentait des niveaux d'activation plus élevés en allant de la marche ordinaire à la

marche à pas précis. Cependant, aucune différence significative d'activation n'a été observée dans les trois autres régions (S1, SMA, M1).

De manière similaire, Mirelman et coll. (2014) et ont aussi utilisé la technique *f*NIRS afin d'investiguer l'impact de la demande cognitive sur l'activité du cortex préfrontal en situation de double tâche marche, chez 23 sujets (26-33 ans). Ils démontrèrent des conclusions consistantes, soit qu'une demande cognitive supérieure est associée à des niveaux d'oxygénation (HbO₂) plus élevée dans le cortex préfrontal. Récemment et en se servant du *f*NIRS, Fraser et coll. (2016) ont comparé les changements hémodynamiques (HbO₂ et HbR) du cortex préfrontal associés à des situations de marche à complexités variantes (Simple Tâche Marche Vs Double Tâche Marche), chez 13 jeunes adultes et 14 personnes âgées. Ils trouvèrent que la situation de marche avec un niveau de complexité plus élevée (Double Tâche Marche) a été associée à une plus grande implication du cortex préfrontal. Cette implication se traduisait par une augmentation d'HbO₂ et une diminution d'HbR surtout au niveau du Cortex Préfrontal Dorso-latéral gauche. Les auteurs précisent que ces changements étaient plus importants chez les participants plus âgés comparés aux jeunes adultes.

II.3.5. Effets de l'activité physique sur la performance de la double tâche à un âge avancé:

Depuis les travaux novateurs de Spirduso (1975), très peu d'études ont réellement examiné l'association entre l'activité physique et la performance de la double tâche à un âge avancé. Spirduso (1975) avait exploré cette relation en utilisant un paradigme double tâche cognitive-cognitive («Simple Reaction time» (SRT)-«Discrimination Reaction Time» (DRT)) chez 60 sujets âgés de 20 à 70 ans. Les participants ont été divisés en 4 groupes selon leurs âges (jeunes et âgés) et leurs conditions physiques (actif et non-actif). Selon ses résultats, l'auteur conclut qu'une bonne condition physique est un indicateur de meilleures performances en situation de double tâche, tant

chez les jeunes adultes que chez les personnes âgées. Depuis cette étude pionnière, un nombre d'études ont posé la même question en utilisant un paradigme double tâche cognitive-cognitive similaire (Erickson et coll., 2007; Hawkins et coll., 1992; Wong et coll., 2015). Ces études sont en accord avec les résultats initiaux de Spriduso (1975) et confirment qu'il s'agit d'une association positive. En effet, Hawkins et coll. (1992) ont démontré que le groupe de sujets âgés, ayant fait partie d'un programme d'exercices aquatiques de 10 semaines, avaient des meilleures performances en situation de double tâche cognitive-cognitive, comparés au groupe sédentaire. Pareillement, une étude l'imagerie par résonance magnétique fonctionnel (fMRI) menée auprès de 34 femmes âgées de 60 à 77 ans a confirmé cet effet bénéfique de l'activité physique aérobie au niveau cérébral (Erickson et coll., 2007). Les auteurs attribuent l'amélioration des performances en situation de double tâche cognitive-cognitive à une meilleure activation des aires dorsolatérales du cortex préfrontal. Également, Wong et coll. (2015) ont récemment confirmé qu'une capacité cardiorespiratoire supérieure serait susceptible d'augmenter l'activation du cortex préfrontal chez des sujettes âgées en situation de double tâche.

D'autres études ont aussi fait état de cette relation, mais en utilisant un paradigme double tâche cognitive-motrice (Chaparro et coll., 2020 ; Dorfman et coll., 2014). Par exemple, Dorfman et coll. (2014) ont observé une amélioration des performances en situation de double tâche cognitive-motrice chez des sujets âgés entre 69 et 85 ans ayant participé à un programme d'entraînement de 6 semaines, sur un tapis roulant. Les auteurs précisent que suite à cette intervention, les sujets témoignaient d'une meilleure performance physique (vitesse de marche et équilibre) et cognitive (attention, mémoire de travail, inhibition et flexibilité), en situation de double tâche. Pareillement, Chaparro et coll. (2020) ont exploré l'effet de la condition physique sur le degré d'interférence attentionnel entre deux tâches, cognitive et motrice, chez 30 participants

âgés de 57-77 ans. Les résultats de l'étude démontrent que les participants les moins actifs exprimaient un degré d'interférence plus important entre les deux tâches. Ce degré d'interférence supérieure a causé une dégradation significative des performances lors de l'exécution de la double-tâche marche.

Dans le domaine de recherche en double-tâche, plusieurs outils de mesures ont été utilisés afin d'évaluer le niveau d'activité physique des participants. Parmi ces outils, le questionnaire « *International Physical Activity Questionnaire* » (IPAQ ; International Consensus Group, 1998 cf. Annexe 7) qui permet de convertir le niveau d'activité physique d'une personne en une mesure continue en MET par minutes par semaines. Le MET représente une valeur estimative de la dépense énergétique associée à une activité physique, cette valeur varie en fonction de la durée et de l'intensité de l'activité.

En résumé :

À la lumière de ce qui a été présenté, il paraît évident que le déclin des facteurs cognitifs avec l'avancée de l'âge aurait des effets indésirables sur la performance motrice en situation de double tâche. Cependant, une gamme d'études a démontré que l'activité physique aurait plusieurs effets bénéfiques qui pourraient maintenir l'intégrité et le fonctionnement des structures du système nerveux et ralentir en quelque sorte le vieillissement cognitif. La prise d'escaliers et une activité motrice complexe, mais aussi une activité importante dans la vie des personnes âgées (pour leur indépendance et pour l'exercice). La revue de littérature supporte l'hypothèse qu'un mode de vie actif sera susceptible d'améliorer la performance de la prise d'escaliers en double tâche chez les personnes âgées. Malgré le fait que cette hypothèse soit probable, sa véracité reste ambiguë vu l'insuffisance d'articles qui ont exploré la relation entre la condition physique et la performance de la prise d'escaliers en double tâche marche à un âge avancé. Surtout, il n'existe aucune étude

qui explore les effets bénéfiques d'une vie active sur l'oxygénation cérébrale durant une prise d'escaliers en double tâche. Le projet proposé vise à fournir une meilleure compréhension de cette relation grâce à une démarche novatrice et prometteuse.

CHAPITRE III : CADRE EXPÉRIMENTAL

III.1. MATERIEL ET METHODE

Comme dans toute recherche impliquant la participation de sujets humains, la conduite du présent projet requiert le respect de certains aspects éthiques. Afin de s'assurer que le présent projet préserve la dignité, l'autonomie, la confidentialité, la sécurité et le bien-être physique et psychologique de nos participants, il a été soumis au comité scientifique et éthique l'Université d'Ottawa. Une fois l'approbation éthique obtenue (#H-06-18-662) de la part de ce comité, nous avons procédé avec le recrutement et la collecte de données.

III.1.1 Participants :

Nous avons recruté un échantillon de 20 participants droitiers avec un âge moyen de 72.5 ans $\pm$ 7.0. Ces derniers seront recrutés grâce à des affiches, des annonces et des présentations au sein des agglomérations des personnes âgées (établissements de retraités, hôpital Elizabeth-Bruyère, etc.). L'échantillon a été divisé en deux groupes « Higher Fit » ($n = 10$; 74.9 ± 7.1 ans) et « Lower Fit » ($n = 10$; 69.1 ± 5.7 ans) selon leurs score sur le IPAQ.

Les participants intéressés ont dû passer une entrevue téléphonique (cf. Annexe 1) qui comporte une quarantaine de questions sur les informations personnelles (âge, sexe, langue maternelle et niveau d'éducation), l'état de santé, les capacités visuelles et auditives et la main dominante du participant. Les participants étaient exclus s'ils portaient des prothèses auditives, s'ils ne pouvaient pas marcher seuls sur une distance de 10 mètres, s'ils étaient atteints de troubles orthopédiques ou neurologiques (Ex. Accident Vasculaire Cérébrale), s'ils étaient gauchers, ou s'ils ne rentraient pas dans la catégorie d'âge choisie soit 60 ans et plus. Les individus gauchers étaient exclus de l'étude car il existe des différences significatives en termes de morphologie et

d'activation cérébrale entre les personnes droitières et gauchères. Ces différences pourraient affecter les données *fNIRS* (Van der Haegen et coll., 2014 ; Jang et coll., 2017). La dominance manuelle du participant fait partie des données collectées par l'intermédiaire de l'entrevue téléphonique (cf. Annexe 1). Le questionnaire « *Montréal Cognitive Assessment* » (MoCA ; cf. Annexe 7 ; Nasreddine et coll., 2005), était utilisé pour évaluer la santé cognitive des participants. Les individus marquant un score inférieur à 26 sur ce questionnaire étaient exclus de l'étude, afin d'assurer l'intégrité cognitive de tous les participants. Finalement, les participants ont été divisés en deux groupes, « *Higher fit* » et « *Lower fit* », selon leurs scores sur le « *International Physical Activity Questionnaire* » (IPAQ) ce questionnaire est abordé en détail dans la section dédiée à l'évaluation du niveau d'activité physique du participant.

III.1.2 Déroulement de l'expérience :

La session a pris place dans la salle E-244 du campus Lees. Une salle assez espacée et silencieuse permettant au participant de performer les tâches demandées avec confort et sans aucune distraction. Également, la luminosité de la salle était adaptée « dimmable » afin de limiter la saturation des signaux *fNIRS*. Toutes les sessions ont été planifiées durant la matinée, entre 9h et 13h, afin d'optimiser le fonctionnement cognitif des participants (Luo et Craik, 2008). Avant de commencer l'expérimentation, nous nous sommes assuré que le participant était bien informé de l'objectif général de l'étude. Ensuite, nous lui avons demandé de remplir le formulaire de consentement qui présente en détail le titre, les meneurs, le but, les attentes et le lieu de l'étude.

Après avoir signé ces formulaires, le participant était invité à remplir le questionnaire d'activité physique (IPAQ). À la suite, nous lui avons présenté des consignes verbales pour les trois situations du « *Stair-climbing Dual-Task paradigm* » (Ojha et coll., 2009). Nous avons

commencé par expliquer la simple tâche marche ensuite la simple tâche cognitive « *Simple Reaction Time task* » (SRT ; Lajoie et Gallagher (2004)) puis finalement la double tâche. Tous les participants ont eu l'occasion de pratiquer pour un maximum de 15 essais afin de maîtriser les instructions.

III.1.2.1 Évaluation physique :

Le « *International Physical Activity Questionnaire* »¹ ((IPAQ ; International Consensus Group, 1998 ; cf. Annexe 6) a été utilisé pour quantifier l'activité physique du participant au cours des 7 derniers jours. L'IPAQ est un questionnaire auto-déclaré qui est divisé en cinq sections dans lesquelles le sujet répond à des questions investiguant les activités physiques liées à son travail, à son déplacement, au temps à domicile, aux loisirs et au temps passé assis. Pour chaque section, le participant devait préciser le nombre de minutes accordées à une activité de marche, une activité physique modérée et une activité physique vigoureuse. Les réponses sont ensuite converties en MET² par minute par semaine en suivant les recommandations du « *Guidelines for the data processing and analysis of the International Physical Activity Questionnaire* ». En fonction de score global, le participant est classé dans un des trois niveaux d'activités physiques ci-dessous :

- Niveau « léger » : score IPAQ < 600 MET par minute par semaine
- Niveau « modéré » : score IPAQ < 3000 MET par minute par semaine
- Niveau « élevé » : score IPAQ > 3000 MET par minute par semaine

L'IPAQ a été testé dans 12 pays et a été considéré valide en ce qui a trait à la mesure du niveau d'activité physique des adultes sains (Booth, 2000). De plus, Tomioka, Iwamoto et

¹ La validité du questionnaire a été évalué et jugé satisfaisante dans plusieurs publications précédentes (Hagströmer et coll., 2006 ; Kim et coll., 2013).

² MET : Coût énergétique d'un effort physique (en Calories)

Okamoto (2011) ont confirmé la fiabilité et la validité de ce questionnaire à mesurer l'activité physique des personnes âgées. Les auteurs ont observé une forte corrélation entre les données collectées avec un accéléromètre et les données collectées par le questionnaire IPAQ auprès d'un échantillon de 164 hommes et 161 femmes âgées.

Dans le cas de la présente étude, nos participants ont été relativement en bonne forme physique, ce qui a fait qu'ils ont tous obtenu des scores IPAQ supérieurs à 3000 MET par minute par semaine. Ainsi, nous étions incapables d'utiliser le système de classification original du questionnaire, mentionné ci-dessus, et donc, nous avons réparti l'échantillon en deux groupes, « *Higher Fit* » et « *Lower Fit* », selon la médiane des scores obtenus. Les participants ayant obtenu des scores supérieurs à la médiane ont été placés dans le groupe « *Higher Fit* », tandis que les participants ayant obtenu des scores inférieurs à la médiane appartenaient au groupe « *Lower Fit* ». Vu l'asymétrie de la distributions des scores IPAQ, une telle catégorisation par ligne médiane paraît plus raisonnable afin de faciliter l'observation de l'effet désiré, l'interprétation et la communication des résultats (Farrington and Loeber, 2000).

III.1.2.2 « *Stair-climbing Dual-Task paradigm* »:

Une version modifiée du « *Stair-climbing Dual-Task paradigm* » développée par Ojha et coll. (2009) a été utilisée. Le paradigme est composé des 3 conditions suivantes : la simple tâche motrice (montée & descente d'escaliers), la simple tâche cognitive (*Simple Reaction Time Task*) et la double tâche (montée & descente d'escaliers + *Simple Reaction Time Task*). Il est important de préciser que nous avons divisé la tâche motrice en deux phases séparées, la montée et la descente. Pour chaque phase nous avons identifié le début de la démarche, début de la montée ou descente et quand le bloc était terminé avec des points déclencheurs dans les données fNIRS pour

faciliter l'analyse. Après une phase de montée d'escaliers, le participant était demandé de s'arrêter puis de rester debout sur la plate-forme jusqu'à ce que l'expérimentateur l'instruise de tourner et faire face aux escaliers. Ici le participant à une période de repos. Une fois que la période de repos soit terminée, il était demandé de commencer la phase de descente d'escaliers, seulement lorsqu'il reçoit l'approbation de l'expérimentateur. Également, le participant était instruit de monter et de descendre l'escalier à son allure habituelle et de garder la tête droite autant que possible afin de ne pas augmenter la vascularisation du cortex préfrontal ce qui pourrait potentiellement affecter les données collectées par la fNIRS.

Pour les deux conditions: simple tâche cognitive et double tâche, le participant a eu la possibilité de pratiquer jusqu'à ce qu'il atteigne un niveau de réussite de 70% ou plus en termes de pourcentage d'exactitude sur la tâche cognitive SRT. Les blocs de pratiques ont comme objectif de familiariser le participant avec les différentes conditions du paradigme ainsi que de s'assurer que tous les participants comprennent ce que les expérimentateurs attendent d'eux. Une fois qu'il atteint le seuil de réussite prédéterminé, le participant a pu commencer le test. Il a effectué donc une série de 10 blocs organisés dans l'ordre suivant : 2 blocs de simple tâche cognitive, 1 bloc simple tâche motrice, 4 blocs de double tâche, 1 bloc simple tâche motrice et 2 blocs de simple tâche cognitive, avec 15 secondes de repos entre chaque bloc. Les blocs étaient organisés dans cet ordre afin de contrôler les effets de la fatigue et de l'apprentissage. Pour les blocs de double tâche, les instructions spécifiaient que les deux tâches étaient importantes.

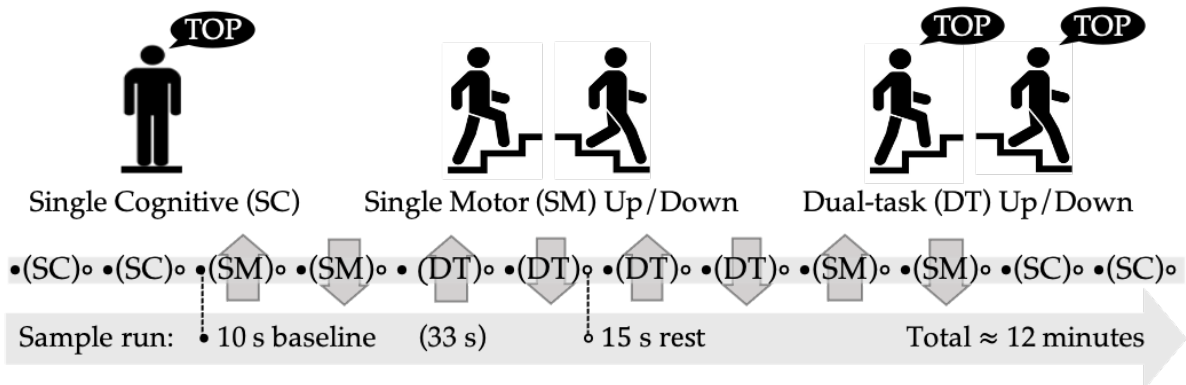


Figure 2. Les différentes conditions du « *Stair-climbing Dual-Task paradigm* ». SC : Simple tâche cognitive ; SM : Simple Tâche Motrice ; DT : Double-Tâche ; R : Repos ; B : Baseline (Salzman et coll., 2021). Up = montée des escaliers et Down= descente des escaliers.

Dans les trois conditions du « *Stair-climbing Dual-Task paradigm* », les participants ont porté un casque sans fils par lequel Ils recevaient les instructions et les stimuli auditifs, un microphone pour enregistrer les réponses vocales, un instrument d'analyse de marche portable, un bandeau *fNIRS* sur le cuir chevelu pour mesurer l'activité cérébrale, et un harnais de sécurité attaché au plafond avec une corde (**Image 2.**).



Figure 3. Un membre du laboratoire debout sur le montage d'escaliers en portant le casque sans fils, le bandeau *fNIRS*, le microphone sur le 'avant-bras, le harnais de sécurité et le système d'analyse de marche portable aux pieds.

Simple tâche cognitive :

La *Simple Reaction Time* (SRT ; Lajoie et Gallagher, 2004) est une tâche qui met en jeu la vitesse de traitement de l'information et la flexibilité cognitive du participant. Durant la SRT, le sujet porte un casque sans fil (Sennheiser RS165, Sennheiser Canada, Inc.) qui génère une série de stimuli auditifs « *Beep* » à rythme aléatoire. En restant debout, il doit donc écouter attentivement puis répondre le plus rapidement possible par « *Top* » à chaque « *Beep* ». Le stimulus auditif est fixé à une fréquence de 5000 Hz avec une durée de 50 millisecondes (Lajoie et Gallagher, 2004).

Simple tâche motrice :

La simple tâche motrice est divisée en deux parties soit la montée et la descente des escaliers. Premièrement, l'expérimentateur demande au participant de monter à allure habituelle sur un montage expérimental d'escaliers en portant des écouteurs qui génèrent un « *beep* » de départ. Ensuite, après 15 minutes de repos, le participant est invité à descendre les escaliers. Dans les deux situations, la vitesse de la montée et la descente en mètres par seconde sont évaluées.

Double tâche :

La situation double tâche du « *Stair-climbing Dual-Task paradigm* » est une condition dans laquelle le participant effectue la tâche cognitive SRT en montant ou en descendant les escaliers. Le sujet commence à prendre les escaliers lorsqu'il entend le « *beep* » de départ. Ensuite, il doit écouter puis répondre avec « *Top* » à chaque stimulus auditif. L'expérimentateur évalue les performances en situation de double tâche en mesurant les paramètres suivants : la vitesse de la montée et la descente en mètres par seconde, le pourcentage d'exactitude et le temps de réaction vocale (en millisecondes).

III.1.2.3 Tests neuropsychologiques :

Une série de tests neuropsychologiques a été utilisée pour évaluer les fonctions exécutives et cognitives, nécessaires pour la gestion d'une double tâche. Ces tests seront abordés en détail ci-dessous.

Le « *Trail Making Test* » (Strauss et al., 2006 ; cf. Annexe 2 et 3) est utilisé pour mesurer la flexibilité cognitive du participant. Il est divisé en deux parties, A et B. Dans la partie A, le sujet est demandé de relier une série de points suivant un ordre numérique le plus rapidement possible, tout en gardant le stylo sur la feuille (Vitesse de traitement d'information). Dans la partie B, le sujet est demandé de relier une série de points en suivant un ordre à la fois numérique et alphabétique (1-a, 2-b etc.), tout en gardant le stylo sur la feuille (Commutation). Dans les deux parties du test, le critère évalué était le temps pris pour compléter le test.

Le « *Digit Span* » (Wechsler, 1981 ; cf. Annexe 4) est utilisé pour évaluer la mémoire de travail du participant. Il est divisé en deux parties, « *Forward* » et « *Backward* ». Dans la première partie, l'enquêteur lit une série de chiffres puis le participant doit les réciter à haute voix dans le même ordre qu'il lui a été présenté. Dans la deuxième partie, le participant va devoir réciter la séquence de chiffres dans un ordre inverse à celui qui lui a été présenté. Le participant n'obtient un point que s'il arrive à réciter la séquence en entier dans l'ordre demandé (le nombre de chiffres dans chaque séquence augmente quand le participant récite la séquence correctement). Les points obtenus dans chaque partie sont ensuite additionnés pour un score total.

Le « *Digit Symbol* » (Wechsler, 1981; cf. Annexe 5) est utilisé pour évaluer la mémoire et la vitesse de traitement de l'information du participant. En se référant à une liste de 9 paires de chiffres-symboles, le sujet doit faire correspondre chaque chiffre à un symbole précis au plus vite

possible, en l'espace de 90 secondes. Le nombre de paires chiffre-symbole exactes est ensuite additionné pour un score total.

III.1.3 Mesures et instrumentation :

- La variable indépendante :
 - **Le score obtenu sur le questionnaire IPAQ** en MET/min/semaine (voir section III.1.2.1)
- Les variables dépendantes :
 - Plusieurs mesures de performances physiques et cognitives ont été capturées :
 - **La vitesse de la montée et la descente d'escaliers (mètres par seconde)** a été utilisée comme indicateur de performance physique. Initialement nous visions mesurer la vitesse par l'intermédiaire d'un instrument d'analyse de marche portable, *Smartinsoles Cyber-Physical System* (CPS ; Arafsha et coll., 2018), illustré sur Figure 3. ci-dessous. Le CPS est constitué d'une semelle contenant 12 capteurs de force (FSR-402 ; Interlink electronics) possédant une centrale inertielle (IMU) avec une unité de protection de mémoire MPU-9250. Cette dernière contient des accéléromètres, des gyroscopes et des magnétomètres 3 axes capables de capturer les paramètres de marche. Les valeurs capturées par la MPU-9250 sont numérisées par des convertisseurs analogiques-numériques 16 bits puis traitées par un microcontrôleur ESP-8266. Une fois traitées, les données sont envoyées par un modem Bluetooth à l'ordinateur hôte. Le système est alimenté par des batteries 3.3-VLi-ion qui ont été placées dans un étui en caoutchouc externe (Arafsha et coll., 2018).



Figure 4. (Gauche) la semelle du CPS avec 12 capteurs de force alimenté par une batterie dans l'étui de caoutchouc externe. (Droite) La semelle placée dans la sandale d'un participant et la batterie attachée à la région crurale du participant.

- **Le Temps de réaction vocale (VRT ; millisecondes)** a été utilisé comme un indicateur de performance cognitive debout (sans mouvement) et sur les escaliers. Un microphone (Philips Voice Tracher DVT2500) est utilisé afin d'enregistrer les réponses du participant. Ensuite, nous avons calculé le temps de réaction (en millisecondes) au stimulus auditif grâce au logiciel Audacity (version 2.0.5 ; Audacity, general public license).
 - **Pourcentage d'exactitude (%)** était également utilisé comme un indicateur de performance cognitive sur escaliers. Les réponses des participants aux stimuli auditifs ont été enregistrées manuellement sur papier puis additionnées pour générer un score pour chaque condition du « *Stair-climbing Dual-Task paradigm* » (voir III.1.2.2.).
- Deux indicateurs de l'activité cérébrale du cortex préfrontal ont été aussi mesurés :

- **Changements de la concentration d'oxyhémoglobine [ΔHbO_2] et du déoxyhémoglobine [ΔHbR] (Unité Arbitraire)** étaient mesurés par l'intermédiaire *Octamon fNIRS system* (Artinis Medical Systems, Elst, Pays-Bas). Cette technique d'imagerie utilise le rayonnement infrarouge à onde continue qui est absorbé par l'hémoglobine des régions corticales du cerveau. En effet, une combinaison de deux longueurs d'onde lumineuses continues (760 et 850 nm) était utilisée et dépendamment de la quantité de lumière absorbée par les chromophores cérébrales (Hémoglobine oxygéné et désoxygéné) nous pouvons cartographier les variations corticales de l'hémoglobine oxygéné et désoxygéné. Des détails supplémentaires concernant l'analyse des données fNIRS sont présentés dans la section III.1.4.

Au début de l'expérience, une valeur de référence au repos (*baseline*) était tout d'abord enregistrée. Ensuite, une période d'enregistrement au repos (Figure 1.), avant chaque condition du « *Stair-climbing Dual-Task paradigm* », nous a permis de remettre les signaux proches de cette valeur *baseline*. Une moyenne des taux de [ΔHbO_2] et [ΔHbR] détectés par les 8 chaînes du système fNIRS était ensuite calculée pour chaque condition. Nous avons également demandé aux participants de minimiser autant que possible le mouvement de la tête et de la face et de toujours regarder vers l'avant de manière à minimiser les artefacts introduits dans les signaux.

- Scores numériques sur les tests neuropsychologiques (voir section III.1.2.3)

III.1.4 Analyses des données :

Les données étaient organisées dans des tableaux sur le logiciel SPSS (*IBM Statistics Inc., version 24*) puis les mesures de tendances centrales et de dispersion ont été calculées. Le test Shapiro-Wilk a été utilisé afin de vérifier la normalité de la distribution des données, afin de savoir s'il faudrait appliquer des tests paramétriques ou non-paramétriques pour l'analyse des données. Le test de Levene était utilisé afin de vérifier l'homoscédasticité des données. En comparant les données des groupes, le test Mann-Whitney était utilisé quand au moins une de ces deux hypothèses (normalité et homoscédasticité) n'était pas vérifiée. Les analyses de variances ont été effectuées grâce à une analyse de la variance. En effet, pour les paramètres des performances physiques et cognitives ainsi que les changements hémodynamiques du cortex préfrontal une analyse de la variance à trois facteurs [Condition physique (Higher ou Lower fit) x Complexité de la Tâche (simple ou double) x Phase de prise d'escaliers (montée ou descente)] a été performé. En ce qui concerne les résultats sur les tests neuropsychologiques, une analyse de la variance à un facteur a été performé afin de comparer les moyennes des résultats des deux groupes, « *Higher Fit* » et « *Lower Fit* ». Un risque d'erreur type I (α) de 0,05 sera maintenu pour tous les tests. La taille de l'effet statistique (*ES*) a été calculée grâce au logiciel SPSS afin de mesurer l'ampleur des différences observées entre les deux groupes, « *Higher Fit* » et « *Lower Fit* ». L'effet était considéré léger si $0.2 < ES < 0.5$, modéré si $0.5 < ES < 0.8$ et fort si $ES > 0.8$ (Cohen, 1988 ; Dupuy et coll., 2010)

Le programme d'analyse Oxysoft (version 3.0.97.1) a été utilisé pour vérifier la qualité des signaux NIRS. Ces signaux ont été tout d'abord examinés visuellement afin de rejeter les signaux de fréquence anormale (spikes in the signal). Ensuite, la loi Beer-Lambert modifiée a été appliquée aux données NIRS afin de déterminer avec exactitude les changements d'ondes lumineuses par

rapport aux changements d'[HbO₂] et [HbR]. Le trajet optique différentiel (DPF) a été ajusté à 6.61, basé sur l'âge des participants. Un code personnalisé dans MATLAB (Version R2018a, Mathwork Inc, MA, USA) intégré au logiciel d'analyse statistique SPM a été utilisé pour le traitement des données de spectroscopie infrarouge (fNIRS). Le code personnalisé a permis d'éliminer les signaux, à 2.5 écart-type de la moyenne, affectés par les artéfacts de mouvement du participant ou des optodes. Finalement, un filtre Butterworth passe-bande (0.01-0.14 Hz) a été utilisé pour réduire l'interférence des bruits physiologiques (ex. rythme cardiaque, respiration, etc.).

Les données collectées par l'instrument d'analyse de marche CPS n'ont pas été prêtes au temps de la rédaction de cette thèse, donc nous avons calculé une estimation de la vitesse de la montée et la descente d'escaliers était calculé manuellement avec les « *triggers* » du signal fNIRS qui identifie le début de la marche, le début de la prise d'escaliers, ainsi que le moment que la prise d'escaliers est terminée et la marche est terminée. Tout d'abord, pour obtenir la distance fixe parcourue sur une montée ou une descente d'escaliers nous avons utilisé le théorème de Pythagore afin de trouver l'hypoténuse (2,048 mètres) du triangle formé par l'angle d'inclinaison du montage d'escaliers. Les mesures utilisées dans le calcul ont été obtenues sur le site web de la compagnie fournisseuse (ULINE). Le temps que chaque participant a mis sur une montée ou une descente d'escaliers a été capturé grâce à des marqueurs d'événements indiquant le début et la fin de la montée/descente d'escaliers sur l'enregistrement fNIRS. L'hypoténuse (2.048 mètres) était ensuite divisée par le temps pour déterminer la vitesse de la montée/descente d'escaliers de chaque participant. Donc la vitesse que nous rapportons reflète strictement le temps que le participant a mis durant les phases de montée et de descente d'escaliers et non les phases de marches qui précèdent/suivent la prise d'escaliers.

CHAPITRE IV : RÉSULTATS

Nos résultats ne démontrent aucun effet significatif ($p < 0.05$) entre les paramètres de performances physiques et cognitives en situation de simples et doubles tâches sur escaliers et le niveau de condition physique des participants (**Tableau 1**).

Tableau 1. Performances physiques et cognitives en situation de simple tâche (ST) et Double tâche (DT) selon le niveau de condition physique.

	<i>Higher Fit</i>	<i>Lower Fit</i>	Taille d'effet (Sig)
IPAQ (MET/min/semaine)	12303,3 ± 2692,6	4009,8 ± 1353,3	-
Age	74,9 ± 7,1	69,1 ± 5,7	-
Éducation	17,2 ± 2,1	16,5 ± 2,4	-
MOCA (score/30)	27,0 ± 1,1	27,8 ± 1,7	-
Vitesse (m/s)			
SM Up	0,72 ± 0,2	0,74 ± 0,2	0,19 (NS)
SM Down	0,65 ± 0,2	0,74 ± 0,2	0,16 (NS)
DT Up	0,69 ± 0,2	0,73 ± 0,2	0,47 (NS)
DT Down	0,69 ± 0,2	0,72 ± 0,1	0,36 (NS)
VRT (millisecondes)			
SC	413,4 ± 64,9	396,0 ± 79,3	0,24 (NS)
DT Up	461,1 ± 72,6	449,4 ± 79,6	0,15 (NS)
DT Down	458,9 ± 79,1	447,3 ± 82,9	0,14 (NS)
Pourcentage d'exactitude (%)			
SC	100,0 ± 0,0	100,0 ± 0,0	0,0 (NS)
DT Up	100,0 ± 0,0	98,4 ± 4,7	0,21 (NS)
DT Down	97,7 ± 4,9	98,4 ± 4,7	0,16 (NS)

Les résultats sont présentés en moyennes ± écarts types

SM : Simple tâche motrice, SC : Simple tâche cognitive, DT : Double tâche

Sig : Signification statistique ; NS : Non-Significative

Concernant les changements hémodynamiques du cortex préfrontal, le test ANOVA démontre la présence d'aucun effet statistiquement significatif ($p < 0.05$) ni de la condition physique du participant ni de la complexité de la tâche exécutée sur les taux d'oxygénation (ΔHbO_2) ou de désoxygénation (ΔHbR) du cortex préfrontal (**Tableau 2.**).

Tableau 2. Changements des taux d'oxygénation (HbO_2) et désoxygénation (HbR) du cortex préfrontal en situation de simple tâche et Double Tâche selon le niveau de condition physique.

	<i>Higher Fit</i>	<i>Lower Fit</i>	Taille d'effet (Sig)
IPAQ (MET/min/semaine)	12303,3 $\pm$ 2692,6	4009,8 $\pm$ 1353,3	-
Âge	74,9 $\pm$ 7,1	69,1 $\pm$ 5,7	-
Éducation	17,2 $\pm$ 2,1	16,5 $\pm$ 2,4	-
MOCA (score/30)	27,0 $\pm$ 1,1	27,8 $\pm$ 1,7	-
ΔHbO_2 (U.A)			
SC	-0,12 $\pm$ 0,25	0,05 $\pm$ 0,21	0,70 (NS)
SM Up	0,05 $\pm$ 0,26	-0,01 $\pm$ 0,31	0,18 (NS)
SM Down	-0,22 $\pm$ 0,21	-0,14 $\pm$ 0,37	0,01 (NS)
DT Up	0,15 $\pm$ 0,29	0,19 $\pm$ 0,30	0,12 (NS)
DT Down	0,02 $\pm$ 0,36	0,04 $\pm$ 0,28	0,07 (NS)
ΔHbR (U.A)			
SC	0,02 $\pm$ 0,06	-0,07 $\pm$ 0,07	1,2 (NS)
SM Up	-0,08 $\pm$ 0,08	0,05 $\pm$ 0,12	0,75 (NS)
SM Down	0,01 $\pm$ 0,09	0,00 $\pm$ 0,15	0,09 (NS)
DT Up	0,07 $\pm$ 0,10	-0,04 $\pm$ 0,08	0,90 (NS)
DT Down	-0,02 $\pm$ 0,14	0,02 $\pm$ 0,12	0,37 (NS)

Les résultats sont présentés en moyennes $\pm$ écarts types

Sig : Signification statistique ; NS : Non-Significative

U.A : Unité Arbitraire

ΔHbO_2 : Changements de la concentration d'oxyhémoglobine ; ΔHbR : Changements de la concentration de déoxyhémoglobine

Néanmoins, un effet statistiquement significatif ($p < 0.05$) a été relevé entre le niveau de condition physique du participant et les résultats des tests neuropsychologiques, seulement, par rapport aux performances sur les tests sur *MoCA* et *Digit Span Backward* (**Tableau 3.**).

Tableau 3. Résultats des Tests neuropsychologiques selon le niveau de condition physique

	<i>Higher Fit</i>	<i>Lower Fit</i>	Taille d'effet (Sig)
IPAQ (MET/min/semaine)	12303,3 ± 2692,6	4009,8 ± 1353,3	-
Age	74,9 ± 7,1	69,1 ± 5,7	-
Éducation	17,2 ± 2,1	16,5 ± 2,4	-
MOCA (score/30)	27,0 ± 1,1	27,8 ± 1,7	-
Tests Neuropsychologiques			
MOCA (score/30)	26,8 ± 1,1	27,6 ± 1,7	0,55 (.025) *
Digit Symbol (score)	43,2 ± 15,9	44,6 ± 12,1	1,18 (NS)
Digit Span Forward (score)	10,0 ± 1,5	10,4 ± 1,7	0,28 (NS)
Digit Span Backward (score)	6,4 ± 0,9	8,4 ± 1,9	1,42 (0,014) *
TMT A (secondes)	36,5 ± 9,4	44,7 ± 17,9	0,60 (NS)
TMT B (secondes)	83,9 ± 31,1	88,9 ± 39,8	0,51 (NS)
TMTA-TMTB	47,5 ± 27,4	44,14 ± 33,7	0,11 (NS)
GDS (score/30)	3,8 ± 2,3	3,2 ± 4,1	0,16 (NS)
FES-I (score)	26,8 ± 10,0	21,2 ± 3,6	0,75 (NS)

Les résultats sont présentés en moyennes ± écarts types

*Sig : Signification statistique ; NS : Non-Significative ; * : statistiquement significatif*

**A noter, les scores individuels (par participant) pour le MoCA et le « Digit Span Backward » sont présentées dans Appendice 9*

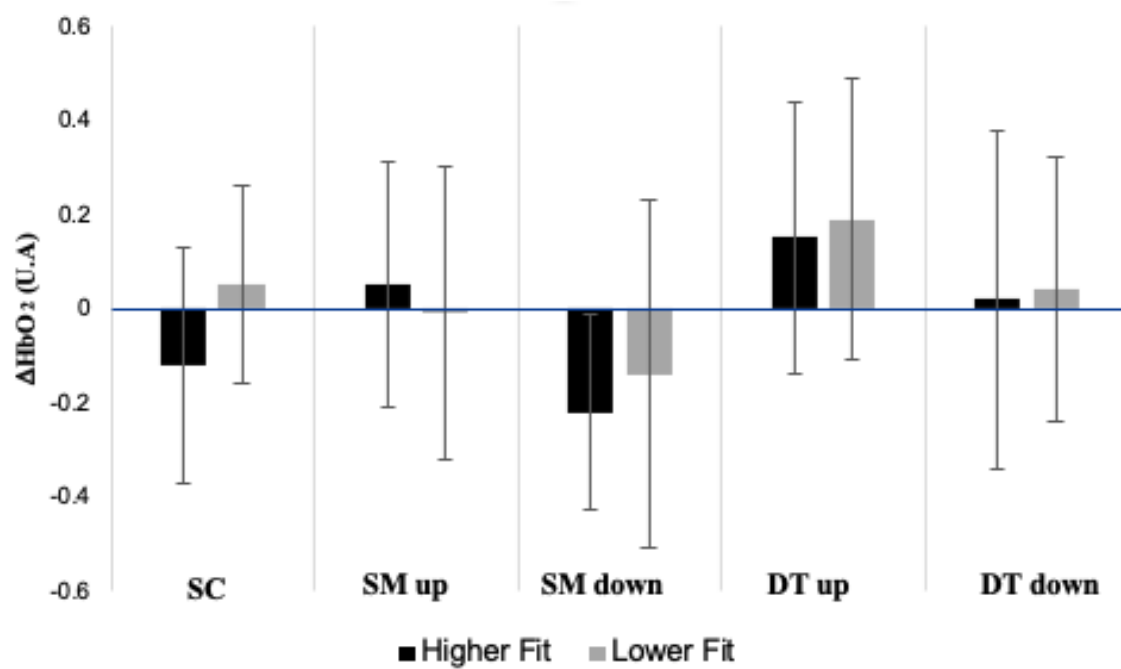


Figure 4. Changements des taux d'oxygénation du cortex préfrontal en situation de simples et doubles tâches selon le niveau de la condition physique

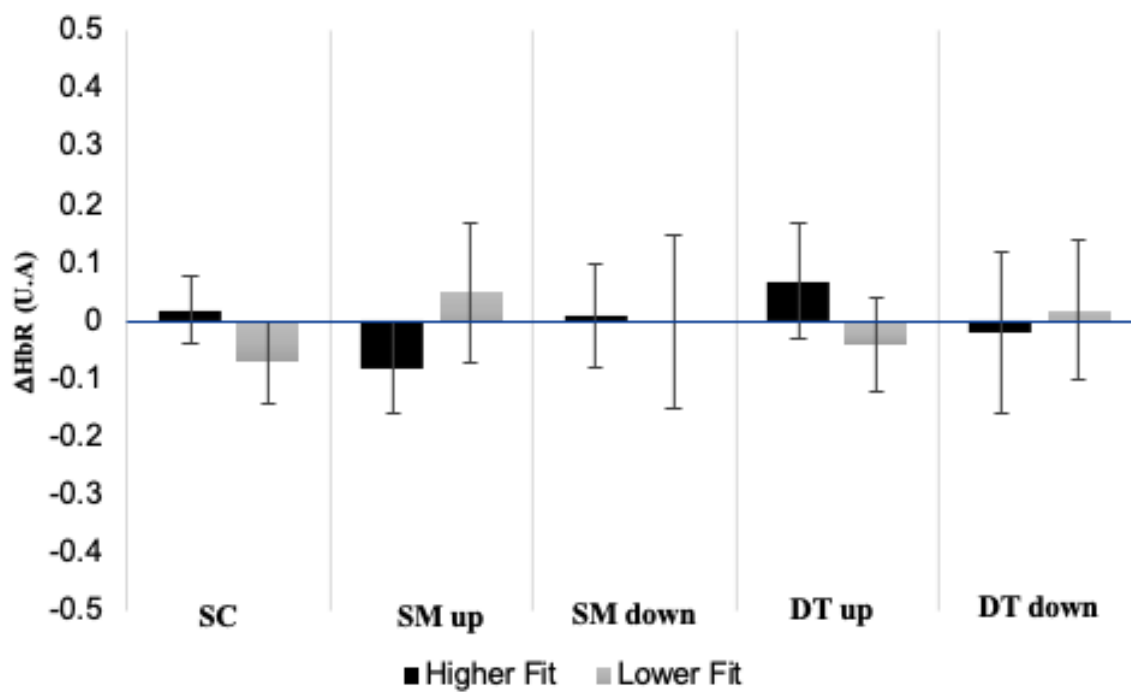


Figure 5. Changements des taux de désoxygénation du cortex préfrontal en situation de simples et doubles tâches selon le niveau de la condition physique

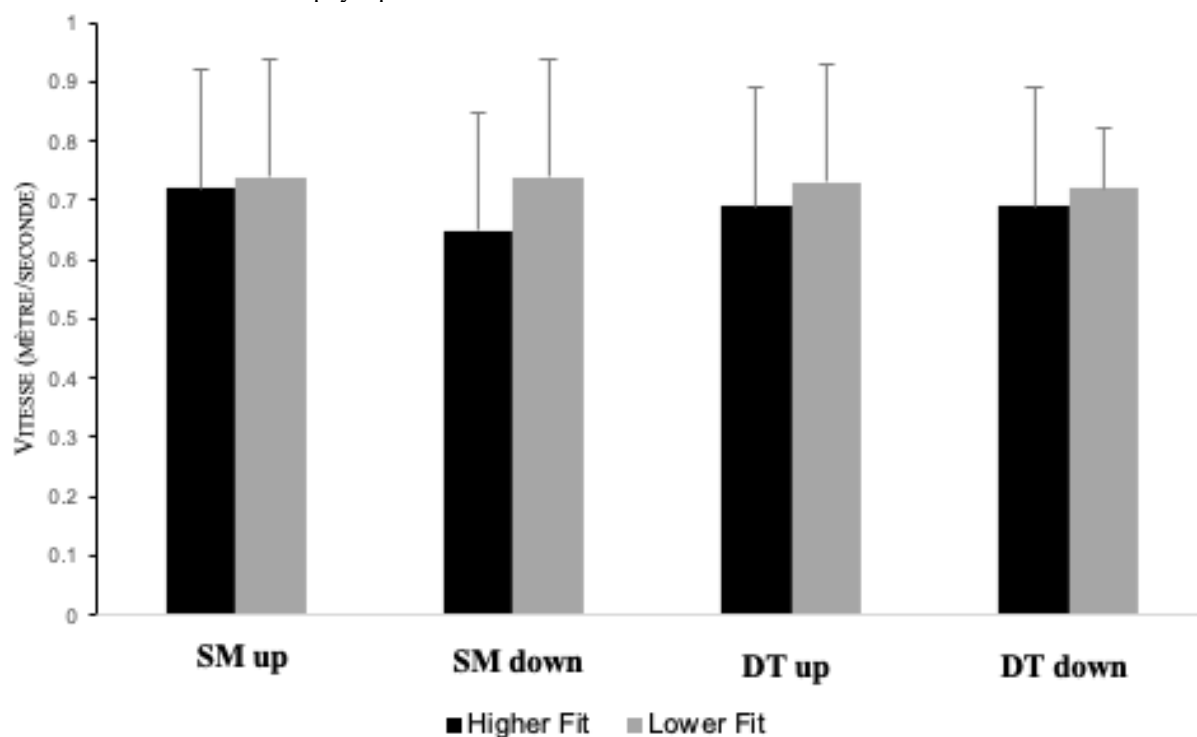


Figure 6. Vitesse de montée (up) et de descente (down) d'escaliers en situation de simples et doubles tâches selon le niveau de condition physique

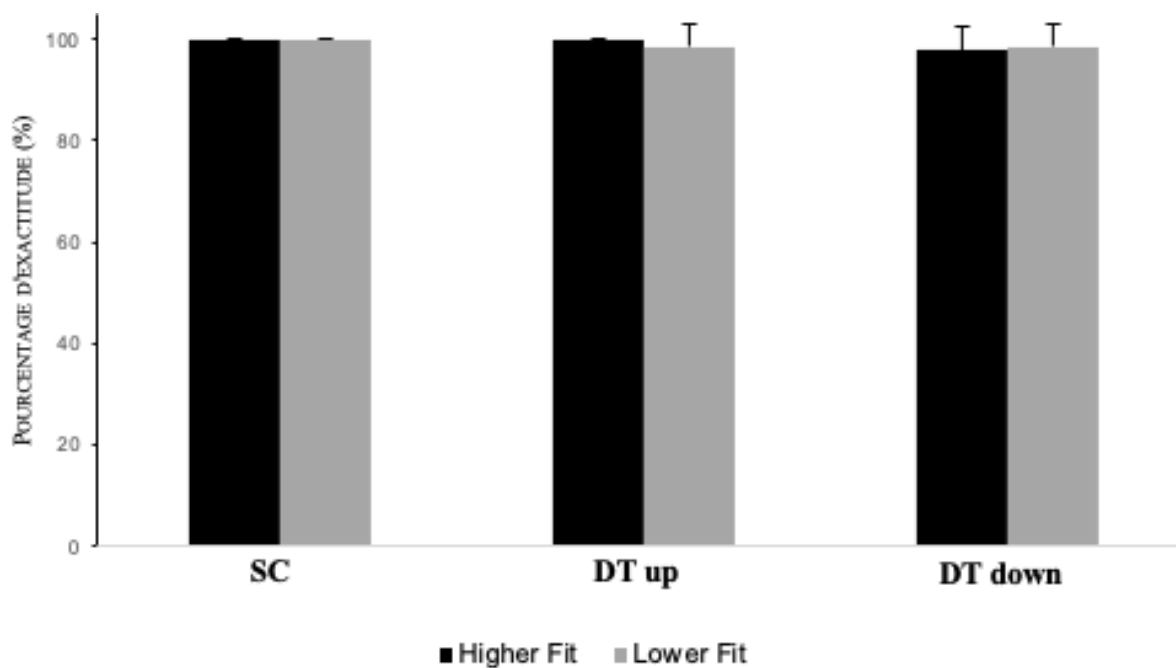


Figure 7. Pourcentage d'exactitude en situation de simples et doubles tâches selon le niveau de condition physique

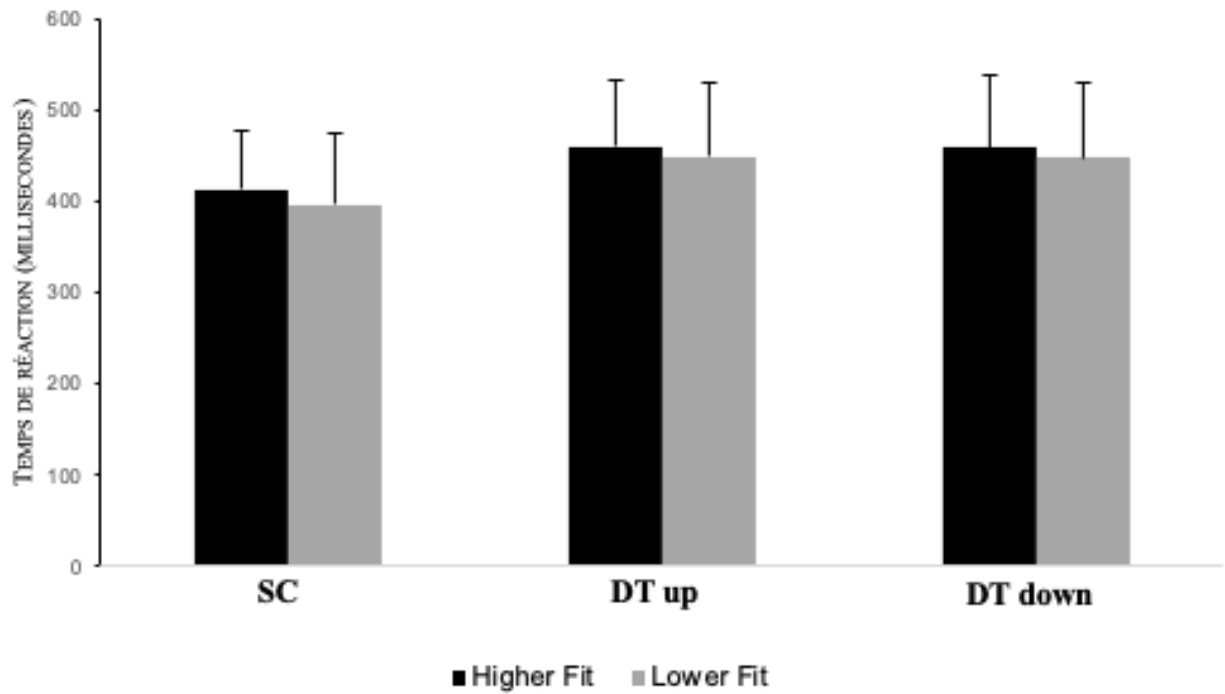


Figure 8. Temps de réaction en situation de simples et doubles tâches selon le niveau de condition physique

CHAPITRE V : DISCUSSION

V.1. Analyses des résultats :

L'objectif de cette étude était d'explorer les effets de l'activité physique sur la gestion cognitive d'une double tâche prise d'escaliers, chez les personnes âgées. En se basant sur la littérature existante, nous avons émis l'hypothèse qu'un niveau de condition physique plus élevé aura un effet positif sur la performance de fonctions exécutives sur escaliers. Nous avons également émis l'hypothèse qu'un meilleur contrôle exécutif lors de la prise d'escaliers en double tâche sera associé à une augmentation des niveaux d'oxygénation du cortex préfrontal chez les personnes âgées plus actives comparé aux personnes âgées moins actives. Nous n'avons pas trouvé d'effet significatif pour supporter ces hypothèses.

Nos résultats démontrent révèlent aucun effet significatif de la condition physique du participant sur ses performances physiques et cognitives sur escaliers, que ce soit en simple ou double tâche. Les résultats n'ont aussi révélé aucun effet significatif de la condition physique sur le niveau d'oxygénation (HbO₂) ni le niveau de désoxygénation (HbR) du cortex préfrontal lors d'une simple ou double tâche sur escaliers. En ce qui concerne les tests neuropsychologiques, nos résultats ont démontré une relation significative entre la condition physique du participant et ses résultats sur deux tests, justement, le test MoCA et le test *Digit Span Backward* (cf. Annexe 9). Par contre, aucun effet significatif de la condition physique n'a été trouvé sur les autres tests neuropsychologiques.

L'analyse des performances physiques et cognitives sur escaliers durant une simple et double tâche, soit la vitesse de prise d'escaliers, l'exactitude des réponses et le temps de réaction

au stimulus auditif de la tâche SRT, nous permet d'évaluer la charge attentionnelle d'une tâche motrice quotidienne, telle que la prise d'escaliers. En effet, dans un tel paradigme, la tâche principale, la prise d'escaliers, est tout d'abord performée toute seule, ensuite, elle est performée simultanément avec une tâche cognitive secondaire, soit la SRT. Ainsi, toute différence de performances de la tâche principale entre les deux situations nous permet de définir le coût attentionnel associé à cette tâche. Nos résultats ne démontrent aucune différence significative des coûts attentionnels de la prise d'escaliers entre le groupe « *Higher Fit* » et « *Lower Fit* ».

Pourtant, de nombreux travaux ont mis en preuve l'existence de l'effet qu'a l'activité physique sur la performance de la tâche motrice en situation de double tâche. En effet, Chaparro et coll. (2020) démontre que les coûts attentionnels attribués à une tâche motrice, comme la marche sur tapis roulant, sont plus élevés chez les personnes âgées moins actives. La vitesse de marche de ces derniers a subi une détérioration significative lorsqu'ils étaient demandés de performer simultanément une tâche cognitive secondaire, le *Stroop Color and Word Test* (SCWT). Les auteurs suggèrent que cette détérioration de performances physiques pourrait être expliquée par deux théories : la théorie du partage des capacités (*Capacity Sharing theory*) (Tombu et Jolicoeur, 2003) et la théorie *Bottleneck* (Ruthruff, Pashler et Klaassen, 2011). La première théorie indique les personnes moins physiquement actives ont des ressources de traitement d'informations plus limitées, et que les deux tâches performées simultanément doivent partager des circuits neuronaux ce qui cause un délai dans le traitement de la tâche motrice principale qui est à la cause de la détérioration des performances observée (Tombu et Jolicoeur, 2003). La deuxième théorie propose qu'en situation de double tâche nos ressources de traitement d'information ne puissent interpréter qu'une seule tâche à la fois. Ainsi, si les deux tâches performées simultanément requièrent les mêmes ressources de traitement, seulement, une tâche aura accès à ces ressources à

la fois, et pendant que cette tâche est en cours de traitement, l'autre tâche est suspendue (Ruthruff, Pashler et Klaassen, 2011). Cette période de délai est exagérée chez les personnes moins physiquement actives parce que leurs ressources de traitement sont moins adaptables et moins efficaces comparées aux individus plus actifs, d'où les coûts attentionnels élevés et la détérioration des performances (Barnes, Yaffe et Satariano, 2003).

Il importe également de souligner les différences méthodologiques entre notre étude et celle de Chaparro et coll. (2020). Tout d'abord, en ce qui concerne la méthode expérimentale utilisée afin de diviser les participants en deux groupes selon le niveau de condition physique, Chaparro et coll. (2020) ont évalué le VO_{2max} des participants grâce à un protocole d'effort en laboratoire appelé le *Rockport 1-mile walk test* lors duquel les participants sont invités de parcourir une distance de marche spécifique, au plus vite possible, en portant un moniteur de fréquence cardiaque. Dans le cas de notre étude, nous avons utilisé le questionnaire d'activité physique IPAQ, que malgré l'abondance des travaux qui démontrent sa fiabilité et sa validité, reste une forme très subjective d'évaluation comparée à la mesure du VO_{2max} . Par exemple, Kunzler et coll. (2017) ont utilisé le questionnaire IPAQ afin de déterminer l'effet de l'activité physique hebdomadaire sur la capacité des personnes âgées à monter les escaliers juste après un exercice de marche de 30 minutes. Les auteurs ne trouveront aucune différence en termes de performances entre les individus actifs et non-actifs.

De plus, tous nos participants étaient en bonne santé et physiquement actifs, ce qui est peut-être derrière le fait que nous n'avons pas observé des différences significatives entre les deux groupes. Effectivement, nos participants ont tous obtenu un score IPAQ supérieure à 3000 MET/min par semaine ce qui les classe dans le niveau « élevé » du système de classification original du questionnaire (III.1.2.1). Si nous avons eu un échantillon avec des participants avec un

niveau « léger » : score IPAQ < 600 MET par minute par semaine comparée à des participants avec un niveau « élevé » : score IPAQ > 3000 MET par minute par semaine, nous aurions probablement obtenu des différences significatives. Ensuite, Chaparro et coll. (2020) ont utilisé une tâche cognitive secondaire avec 4 niveaux de difficultés dont chaque niveau garantit un minimum d'interférence cognitive-motrice lors de la performance de la condition de double tâche. Le participant devait réagir verbalement à un stimulus visuel qui durait pour 2.5 secondes à un intervalle interstimulus fixe de 1.5 seconde. En contraste, la tâche cognitive secondaire utilisée dans la présente étude, la SRT, peut être considérée moins complexe que celle utilisée par Chaparro et coll. (2020) dans le sens qu'elle ne garantit pas un minimum d'interférence cognitive-motrice qui distingue une condition double tâche de la condition simple tâche. De plus, l'intervalle interstimulus de la SRT n'était pas fixe et donc le participant n'a peut-être pas reçu assez de stimuli auditifs sur les d'escaliers. La montée et la descente des escaliers était courte (entre 3 à 5 secondes par participant) et certains des stimuli avaient un intervalle de 6-7 secondes, ce qui pourrait nuire au nombre de stimuli présentés sur les escaliers lors du double-tâche.

Les effets de l'activité physique sur le fonctionnement cognitif à un âge avancé ont été un sujet assez abordé dans la littérature scientifique. Dans ce cadre, les meilleures performances cognitives ont été souvent associées aux individus plus physiquement actifs. Récemment, Younan (2018) a comparé les performances cognitives des personnes âgées (55-77 ans) actives et sédentaires. Leurs résultats ont démontré que le groupe actif a mieux performé que le groupe sédentaire sur la tâche cognitive « *Digit Span Task* ». Ces résultats sont en accord avec des études antérieures abordant le même sujet, notamment celle de Scherder et coll. (2005) qui a démontré qu'indépendamment de son niveau d'intensité, n'importe quelle forme d'activité physique est susceptible d'améliorer les performances cognitives à un âge avancé. Plusieurs études ont proposé

des mécanismes expliquant cet effet positif de l'activité physique sur le fonctionnement cognitif des aînés. Par exemple, Tsai et coll. (2015) proposent que cet effet soit expliqué au niveau moléculaire par le fait que l'activité physique stimule une augmentation significative du taux de facteur de croissance 1 (IGF-1), de la croissance des cellules gliales, et de la myélinisation au sein des cellules neuronales. De manière similaire, Colcombe et coll. (2004) estiment que l'exercice aérobique est associé à une augmentation de la densité synaptique et de la vascularisation de la matière grise. Une meilleure santé cardiovasculaire a été également associée à une vascularisation (Dustman et coll., 1990), une oxygénation (Cabral et coll., 2017 ; Dupuy et coll., 2015 ; Mekari et coll., 2019) et une synapogenèse (Stein et coll., 2018) améliorées à un âge avancé.

Notre deuxième hypothèse stipulant que les personnes physiquement actives sont munies d'un fonctionnement exécutif plus efficient dû à une meilleure oxygénation du leur cortex préfrontaux, n'a également pas été confirmé par nos résultats. Cependant, nous avons aujourd'hui accès à une multitude de preuves qui nous permet de supporter cette hypothèse. Par exemple, Dupuy et coll. (2015) ont démontré que le niveau d'activité physique est proportionnel au niveau d'activation cérébrale et au fonctionnement exécutif, chez les femmes âgées. Ils trouvèrent que les femmes âgées plus actives font preuve d'un meilleur contrôle exécutif et des niveaux d'oxygénation (HbO₂ et HbT) supérieurs. En contraste avec notre étude, Dupuy et coll. (2015) ont utilisé la mesure de VO_{2max} afin de classifier les participants en deux groupes selon le niveau de condition physique. Dupuy et coll. (2015) a également utilisé la « *Computerized Stroop task* » afin de mesurer des fonctions exécutives telles que l'inhibition et la flexibilité mentale. Il est aussi important de souligner qu'une différence méthodologique majeure entre notre étude et celle de Dupuy et coll. (2015) serait au niveau de l'échantillonnage. Dupuy et coll. (2015) ont mené leur étude auprès d'un échantillon constitué strictement de femmes, ce qui a sans doute, neutralisé

l'effet de sexe sur le fonctionnement cognitif et les a permis de seulement capturer les effets des variables désirées, notamment, l'âge et la condition physique.

Également, cette proportionnalité positive entre le niveau d'activité physique et les niveaux d'oxygénation cérébrale était reportée par Rosano et coll. (2010) et Parkash et coll. (2011). Rosano et coll. (2010) ont observé que, comparées au groupe contrôle, les personnes âgées ayant adopté un programme d'activité physique de 25 semaines ont fait preuve d'une activation cérébrale supérieure, surtout au niveau du cortex préfrontal dorsolateral, lors de l'exécution d'un test de performance psychomoteur. Dans le même sens, Parkash et coll. (2011) ont trouvé qu'à un âge avancé, un niveau de condition physique supérieure est associé à une activation accrue des régions antérieures du cerveau et que cette observation est seulement significative lors de l'exécution des tâches à demande attentionnelle élevée. Ils suggèrent donc que, face à une charge attentionnelle élevée, l'activité physique pourrait être un facteur qui permettra aux personnes âgées de potentiellement démontrer des modèles d'activation cérébraux similaires à celles des jeunes adultes, donc peut être la tâche cognitive secondaire SRT ne présentait pas le défi cognitif nécessaire pour observer une différence significative d'activation cérébrale entre les deux groupes de personnes âgées « *Lower Fit* » et « *Higher Fit* ».

À propos des tests neuropsychologiques, les scores sur les tests MoCA et *Digit Span Backward* que nous rapportons démontrent qu'il existe une différence significative en faveur du groupe « *Lower Fit* ». Concernant le test MoCA (cf. Annexe 9), il est important de noter que malgré le fait que la différence entre les deux groupes était statistique significative, elle n'est pas cliniquement significative. En effet, Feeney et coll. (2016) précisent que seulement une différence de 4 points ou plus est considéré comme cliniquement signification, ce qui ne s'applique pas dans le cas de la présente étude, En ce qui a trait au test *Digit Span Backward* (cf. Annexe 9), il existe

un accord général sur le fait que la santé cardiovasculaire est un indicateur fiable d'un meilleur fonctionnement cognitif, surtout au niveau de la mémoire de travail évalué par le test en question (Baker et coll., 2010 ; Berryman et coll., 2014 ; Farrel et coll., 2018), pourtant, ce n'est pas le seul indicateur. En effet, ces différences de performances peuvent tout simplement être associées aux capacités cognitives des participants. Dans ce sens, nous ne pouvons pas ignorer la possibilité que certaines personnes âgées pourraient être plus à l'aise à accéder et à utiliser leurs ressources cognitives comparées à d'autres. En effet, nous savons aujourd'hui qu'il existe plusieurs mécanismes neuronaux qui permettent de ralentir et de préserver les ressources cognitives chez certaines personnes âgées (Habib, Nyberg, et Nilsson, 2007 ; Steffener et Stern, 2011 ; Cabeza et coll. 2018 ; Lövdén et coll., 2020). Par exemple, les personnes âgées qui ont accumulé un répertoire neuronal plus large en vivant plus d'expériences stimulantes au niveau cognitif à travers leurs vies sont généralement plus favorisées cognitivement. Ce répertoire neuronal est ce qu'on appelle « réserve cognitive » qui est associée à un déclin cognitif plus ralenti et donc des meilleures performances cognitives à un âge avancé (Steffner et Stern, 2011).

Des nombreux facteurs déterminent l'étendue de cette « réserve cognitive », par exemple, l'inclusion sociale et professionnelle, le bilinguisme, et l'éducation (Cabeza et coll. 2018). Nous savons également que les personnes âgées qui performant plus de tâches à demande cognitive considérable dans leurs vies quotidiennes sont plus aptes à préserver leurs ressources neuronales avec l'âge (Cabeza et coll. 2018). En effet, ces individus arrivent à maintenir l'intégrité fonctionnel et anatomique des neurones grâce à des mécanismes de réparation plus rapides et efficaces, ce qui aboutit à un fonctionnement cognitif amélioré (Ten Brinke et coll., 2015 ; Cabeza et coll., 2018). Dans leur étude, Lövdén et coll. (2020) démontrent qu'il existe une corrélation positive entre le nombre d'années d'étude complétés par un individu et son fonctionnement cognitive à travers sa

vie adulte, et surtout à un âge avancé. Les auteurs confirment que cet effet positif de l'éducation est achevé grâce à travers une « réserve cognitive » plus large et une capacité de « maintenance cognitive » plus améliorée. Au-delà de l'éducation, et en accord avec Cabeza et coll. (2018), Hertzog et coll. (2008) démontrent que les personnes âgées vivant une vie plus stimulante au niveau intellectuel sont capables d'accéder et de préserver plus facilement leurs « réserves cognitives » ce qui les rend plus performantes cognitivement.

Ceci nous ramène au concept de la stimulation cognitive et ses potentiels effets positifs sur la cognition à un âge avancé. Park, Kim et Shim (2019) ont essayé d'explorer ces effets grâce à un programme de 10 semaines de stimulation cognitive à composants multiples chez 37 participantes âgées de 65 ans et plus. Les résultats de leur étude nous démontrent que suite à la complétion du programme, les participantes ont fait preuve d'amélioration significative sur le plan du traitement visuo-spatial et du fonctionnement exécutif. Mapelli et coll. (2013) ont aussi essayé d'examiner si l'amélioration cognitive obtenue grâce à un programme de stimulation cognitive est assez durable de manière à provoquer un changement substantiel dans la qualité de vie des personnes âgées atteintes de démences de stades 1 et 2. Dans ce contexte, que suite à un programme de stimulation cognitive de 8 semaines, les chercheurs ont constaté une réduction significative de la sévérité de la démence, des meilleures performances en terme de mémoire, d'abstraction, de planification et de capacité visuo-spatiale, ainsi qu'une diminution significative des symptômes comportementaux associées à la démence. Dans le contexte des résultats présentés ci-dessus, nous ne pouvons pas négliger la possibilité que la supériorité du groupe « *Lower Fit* » en termes de fonctionnement cognitif (sur le MoCA et « Digit Span Backward ») comparé au groupe « *Higher Fit* » peut être attribuée plus au niveau de stimulation cognitive quotidienne qu'au niveau d'activité physique de ces individus.

Cette différence, en termes de performances cognitives, peut également être attribuée à d'autres facteurs démographiques que nous n'avons pas considérés dans cette étude. Par exemple, Rossetti et coll. (2011) ont souligné que les différences culturelles et ethniques doivent être un facteur à considérer lors de l'interprétation des scores sur les tests évaluant le fonctionnement cognitif. Les auteurs justifient cette proposition en expliquant que l'origine ethnique ou culturelle peut être un déterminant direct de la qualité de l'éducation de petite enfance obtenue qui, à son tour, joue un rôle important dans le développement cognitif d'un individu. D'autres études ont souligné l'effet du sexe sur le fonctionnement cognitif à un âge avancé. En effet, certaines études ont démontré que les femmes ont une supériorité en termes d'habilités verbales et lexicales (Hyde et coll., 1988 ; Weiss et coll., 2005), d'apprentissage des mots (Van Hooren et coll., 2007), de mémoire verbale et épisodique (Gerstorf, Herlitz et Smith, 2006), comparées aux hommes. Pendant que d'autres ont démontré que les hommes ont un meilleur fonctionnement visuo-spatial, notamment, au niveau de la rotation mentale, la perception et la visualisation spatiales. (Lin et coll., 1985 ; Voyer et coll., 1995 ; Li et Singh, 2014) De plus, nous savons aujourd'hui que les effets cognitifs du vieillissement sont précoces chez les hommes comparés aux femmes. En effet, Wiederholt et coll. (1993) et Maylor et coll. (2007) affirment que le déclin cognitif relié à l'âge est observé plus tôt chez les hommes par rapport aux femmes et que ce déclin se traduit par des performances réduites des hommes sur tous les tests cognitifs, comparées à celles des femmes du même âge.

Ces différences de genre en termes de fonctionnement cognitif et exécutif ont peut-être eu un effet sur nos données, vu le fait que les deux genres ne sont pas représentés proportionnellement dans les deux groupes. Justement, les femmes occupent 44% du groupe « *Lower Fit* » et 90% du groupe « *Higher Fit* ».

Ainsi, et malgré le fait que nos résultats ne le mettent pas en évidence, nous restons convaincus que l'activité physique et la santé cardiovasculaire auraient des effets bénéfiques sur le fonctionnement cognitif et exécutif, à un âge avancé. Nous basons cette conviction sur la multitude de preuves existantes, notamment, l'activité physique est associée à une augmentation de la vascularisation (Dustman et coll., 1990), la synaptogenèse (Stein et coll., 2018), l'oxygénation (Cabral et coll., 2017 ; Dupuy et coll., 2015 ; Mekari et coll., 2019) et l'intégrité de matières blanches et grises (Colcombe et coll., 2004 ; Gons et coll., 2013) du cortex préfrontal. De plus, Boucard et coll. (2012) évoquent que ces effets bénéfiques de l'activité physique sont sélectivement plus exagérés à un âge avancé. Ces multiples effets bénéfiques peuvent contribuer sans doute dans le ralentissement du déclin naturel des processus cognitifs et exécutifs ayant lieu avec l'avancement de l'âge (Agbangla et al, 2019; Albinet et al., 2014; Dupuy et coll., 2015; Mekary et al. 2019).

Les résultats obtenus ne nous permettent pas d'établir une relation significative entre le niveau d'activité physique et le fonctionnement exécutif et cognitif chez les personnes âgées. Cependant, nos résultats génèrent de nombreux constats intéressants concernant la relation en question. En effet, nous remarquons que le groupe « Higher Fit » semble visuellement avoir moins de changement en termes des mesures d'activation cérébrale [HbO₂] dans la double-tâche comparée au groupe « Lower fit» (**Figure 4 & Figure 5**). Même si c'est n'est pas significatif, cette observation pourrait paraître paradoxal puis que nous avons présenté plus haut plusieurs preuves de la proportionnalité positive qui existe entre la condition physique et le recrutement du cortex préfrontal. Par contre, cette observation est lignée avec l'étude de Godde et Voelcker-Rehage (2010). En utilisant la technique d'imagerie à résonance magnétique, Godde et Voelcker-Rehage

(2010) ont démontré qu'en faisant face à une tâche motrice demandante au niveau cognitif (*imagined walking backward*), les personnes âgées « *Lower Fit* » ont démontré une activation augmentée du cortex préfrontal dorsolatéral, comparées aux personnes âgées « *Higher Fit* ». Les auteurs justifient cette activation accrue par le fait que les personnes âgées « *Lower Fit* » performant la tâche avec un niveau inférieur d'automatisation et donc font impliquer plus de ressources dans la planification et le contrôle cognitif de la tâche. De plus, en examinant l'état fonctionnel d'autres régions du cerveau, Godde et Voelcker-Rehage (2010) démontrent qu'en comparant les personnes âgées « *Higher Fit* » et « *Lower Fit* », les premiers ont fait preuve d'une activation plus importante des régions internes du cerveau, notamment, le cervelet et le tronc cérébral. Les auteurs expliquent que cette activation particulière de ces régions internes est fortement associée à un niveau d'automatisation plus élevée.

IV.2. Limites et recommandations :

Les résultats obtenus, réclamant l'absence d'un effet significatif du niveau d'activité physique sur le fonctionnement exécutif et le coût attentionnel de la prise d'escaliers, peuvent être attribués à plusieurs facteurs limitants :

Premièrement, nous reconnaissons que nous avons basé nos observations sur un échantillon de taille réduite ($n = 22$) ce qui a probablement abouti à une puissance statistique limitée pour la comparaison des deux groupes « *Higher Fit* » ($n = 10$) et « *Lower Fit* » ($n = 10$). De plus notre échantillon n'était composé que des participants droitiers ce qui nous a limité sur le plan du recrutement. Deuxièmement, le biais lié à la désirabilité sociale est une limitation importante à considérer lors de l'analyse de données (Fisher, 1993). Il résulte de la tendance du participant à répondre ou à agir d'une manière qui lui permet de montrer une image de soi favorable aux interlocuteurs. Dans le cas de notre étude, le comportement favorable est l'activité physique

régulière. Le participant, voulant être conforme aux attentes, pourrait donner des réponses « désirables » au sujet de son niveau d'activité physique, même si ces réponses ne sont pas vraies (Crutzen et Göritz, 2011). Ce biais peut donc réduire la validité des résultats aux questionnaires d'évaluation de la condition physique IPAQ. Afin de mesurer et de contrôler les effets de la désirabilité sociale, Moss (2008) propose d'utiliser le « *Social Desirability Scale* » de Crown et Marlowe (1960). Cette échelle comporte une série de 33 questions fermées de type « vrai » ou « faux » qui permettent de quantifier l'effet de ce biais.

Troisièmement, il est aussi probable qu'un effet d'apprentissage s'est produit lors de la collecte des données. La tâche cognitive secondaire utilisée *Simple Reaction Time* (SRT) pourrait être simplement trop facile à apprendre, du fait que, le participant était capable de la maîtriser et la performer sans effort cognitif, ce qui peut être derrière le fait que nos participants ont presque un score d'exactitude de 100% à travers les différentes conditions de l'expérience. En alternative, une tâche cognitive telle que la « *2-Back* » (Fraser et al., 2016 ; Salzman et al., 2021), dans laquelle le participant doit écouter attentivement les chiffres énoncés puis répéter à haute voix le chiffre entendu 2 fois auparavant, pourrait avoir un niveau de difficulté raisonnable qui pourra présenter un minimum d'interférence cognitive nécessaire pour garantir la complexité de la condition double tâche comparée à la condition simple tâche.

Finalement et malgré l'utilité de l'imagerie spectroscopique proche infrarouge fonctionnelle (*fNIRS*), cette technique d'imagerie possède un désavantage important. Justement, la *fNIRS* dispose d'une résolution temporelle élevée permettant l'acquisition de plusieurs images à différents moments, de la même région du cortex préfrontal, pourtant, cette technique d'imagerie est limitée sur le plan de la résolution spatiale. La *fNIRS* reste restreinte aux couches corticales du cortex préfrontal, en effet, la lumière proche infrarouge est atténuée avant d'atteindre les structures

à plus de 1 centimètre de profondeur de la surface du cerveau. (Wilcox et Biondi, 2016). Vu l'implication de nombreuses régions cérébrales dans le contrôle motrice, surtout sur escalier, un tel désavantage risquerait de donner une image incomplète de l'activité cérébrale associée à la tâche motrice en question. Afin de surmonter une telle limite, Fraser et coll. (2016) proposent d'intégrer au protocole deux autres techniques d'imageries complémentaires, notamment, l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (fIRM) et l'électroencéphalogramme (EEG) afin de couvrir les régions sous-jacentes aux couches corticales.

CHAPITRE VI : CONCLUSION

Dans cette étude nous n'avons pas pu observer d'effets significatifs du niveau de condition physique sur le fonctionnement exécutif sur la prise d'escaliers, chez les personnes âgées.

Ces résultats peuvent être expliqués par plusieurs facteurs limitants, tels que la taille de l'échantillon réduite, le biais de la désirabilité sociale et la facilité de la tâche cognitive. Malgré le fait que nous n'étions pas capables d'établir un lien entre l'activité physique et le fonctionnement exécutif sur escaliers, nous restons convaincus que les personnes âgées plus physiquement actives seront plus équipées en termes d'habilités physiques, cognitives et exécutives sur les escaliers. C'est pourquoi nous encourageons cette cohorte d'âges à intégrer l'activité physique dans une routine hebdomadaire afin de maintenir un niveau raisonnable de condition physique qui leur permettra de performer des tâches quotidiennes de manière autonome et d'éviter autant que possible les chutes.

Finalement, nous considérons notre étude comme innovatrice dans le domaine de recherche en Double-Tâche. À notre connaissance, le protocole que nous avons mis en place est le premier de son genre. L'intégration d'un montage d'escaliers et d'un outil portable de mesure de la marche dans le protocole d'une double tâche ouvrira de nouvelles pistes de recherches qui pourront aider à l'élargissement conceptuel et perceptif des processus en question. Nous aspirons donc que notre travail encouragera d'autres chercheurs à reproduire ce protocole en appliquant nos recommandations afin de maximiser la fiabilité des résultats.

Références :

- Aartsen, M. J. et coll. (2002). « Activity in Older Adults: Cause or Consequence of Cognitive Functioning ? A Longitudinal Study on Everyday Activities and cognitive Performance in Older Adults ». *J Gerontol B Psychol Sci* ; 57(2) : p. 153-162. Consulté en ligne sur : <https://academic.oup.com/psychsocgerontology/article/57/2/P153/600160/Activity-in-Older-AdultsCause-or-Consequence-of#xref-ref-2-1>
- Alexander, N. B. et Hausdorff, M. J. (2008). « Guest Editorial : Linking Thinking, Walking, and Falling » *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* ; 12 : 1325-1328. Consulté en ligne sur : <https://academic.oup.com/biomedgerontology/article/63/12/1325/620701/Guest-EditorialLinking-Thinking-Walking-and>
- Al-Yahya, E. Dawes, H. Smith, L., Dennis, A., Howells, K. et Cockburn, J. (2011). « *Cognitive motive interference while walking : a systematic review and meta-analysis* ». *Neurosci Biobehav Rev.* 35(3) : 715-28. Consulté en ligne sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20833198>
- Arafsha, F. Hanna, C. Aboualmagd, A. Fraser, S. El Saddik, A. (2018). « *Instrumented Wireless SmartInsole System for Mobile Gait Analysis : A Validation Pilot Study with Tekscan Stridway* ». 7(3) : 36. Consulté en ligne sur : <https://doi.org/10.3390/jsan7030036>
- Arbuckle, T. Y. et coll. (1986). « Cognitive Functioning of Older People in Relation to Social and Personality Variables ». Concordia University, Montreal, Quebec, Canada. Consulté en ligne sur : http://journals2.scholarsportal.info.proxy.bib.uottawa.ca/pdf/08827974/v01i0001/55_cfoopirtsapv.xml
- Baker, L. D. Frank, L. L. Foster-Schubert, K. Green, P. S. Wilkinson, C. W. McTiernan, A. et Craft, S. (2010). « *Aerobic exercise improves cognition for older adults with glucose intolerance, a risk factor for Alzheimer's disease* ». *Journal of Alzheimer's Disease.* 22(2) : 569–579. Consulté en ligne sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20847403>
- Baker LD, et coll. (2010). « *Effects of aerobic exercise on mild cognitive impairment: a controlled trial* ». *Arch Neurol.* 67:71-79. Consulté en ligne sur : [10.1001/archneurol.2009.307](https://doi.org/10.1001/archneurol.2009.307)
- Barber, S. E. Clegg, A. P. et Young, J. B. (2011). « *Is there a role for physical activity in preventing cognitive decline in people with mild cognitive impairment?* ». *Age and Ageing.* 41 : 5-8. Consulté en ligne sur : <https://academic.oup.com/ageing/article/41/1/5/47505>
- Barnes, D.E. Yaffe, K. Satariano, W.A. et coll. (2003) « *A longitudinal study of cardiorespiratory fitness and cognitive function in healthy older adults* ». *J Am Geriatr Soc* 51:459–465. Consulté en ligne sur : https://www.researchgate.net/publication/7838441_A_Longitudinal_Study_of_Cardiorespiratory_Fitness_and_Cognitive_Function_in_Healthy_Older_Adults
- Beauchet, O. Dubost, V. Aminian, K. Gonthier, R. et Kressing, R.W. (2005). « *Dual-task-related gait changes in the elderly: does the type of cognitive task matter* ». *J Mot Behav.* 37:259–64. Consulté en ligne sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15967751>

- Berryman, N. et coll. (2014). « *Multiple roads lead to Rome: combined high-intensity aerobic and strength training vs gross motor activities leads to equivalent improvement in executive functions in a cohort of healthy older adults* ». *Age* (Dordr). 36:9710. Consulté en ligne sur : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25194940/>
- Bherer, L. Erickson, K. I. et Liu-Ambrose, T. (2013). « *A review of the Effects of Physical Activity and Exercise on Cognitive and Brain Functions in Older Adults. Journal of Aging* ». *Journal of Aging Research*. 657508. Consulté en ligne sur : <https://www.hindawi.com/journals/jar/2013/657508/>
- Bock, O. et Beurskens, R. (2011). « *Age-related deficits of dual-task walking: the role of foot vision* ». *Gait Posture*. 33(2) : 190–194. Consulté en ligne sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21095129>
- Booth, M.L. (2000). « *Assessment of Physical Activity: An International Perspective. Research Quarterly for Exercise and Sport* », 71 (2): s114-20. Consulté en ligne sur : doi.org/10.1080/02701367.2000.11082794
- Bouchon, C., Abboub, N. et Gervain, J. (2013). « *NIRS (Near Infrared Spectroscopy) : Principes généraux de cette nouvelle technique de neuroimagerie et contribution à la recherche aux origines du langage* ». *Les Cahiers de l'audition* : 3.
- Boucard, G. Albinet, C. Bugaiska, A. Bouquet, C. Clarys, D. & Audiffren, M. (2012). Impact of Physical Activity on Executive Functions in Aging: A Selective Effect on Inhibition Among Old Adults. *Journal Of Sport And Exercise Psychology*, 34(6), 808-827. doi: 10.1123/jsep.34.6.808
- Brown, A. D., McMorris, C. A., Longman, R. S., Leigh, R., Hill, M. D., Friedenreich, C. M. et Poulin, M. J. (2010). « *Effects of cardiorespiratory fitness and cerebral blood flow on cognitive outcomes in older women* ». *Neurobiology of Aging*, 31(12) : 2047–2057. Consulté en ligne sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19111937>
- Brustio, P.R. Magistro, D. Zecca, M. Liubicich, M.E. et Rabaglietti, E. (2017). « *Fear of falling and activities of daily living function: mediation effect of dual-task ability* ». *Aging Ment Health*. 9 :1-6. Consulté en ligne sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28485621>
- Brustio, P.R. Rabaglietti, E. Formica, S. et Liubicich, M.E. (2017). « *Dual-task training in older adults: The effect of additional motor tasks on mobility performance* ». *Arch Gerontol Geriatr*. 75 : 119-124. Consulté en ligne sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29245071>
- Brustio, P. R. Magistro, D. Rabaglietti, E. et Liubicich, M. E. (2017). « *Age-related differences in dual task performance: A cross-sectional study on women* ». *Geriatrics & Gerontology International*. 17(2) : 315–321. Consulté en ligne sur : <http://dx.doi.org/10.1111/ggi.12700>

- Cabeza, R. et Coll. (2018). « Maintenance, reserve and compensation : the cognitive neuroscience of healthy ageing ». *Nature Reviews Neuroscience*. 19, 701-710. Consulté en ligne sur : <https://www.nature.com/articles/s41583-018-0068-2>
- Chamberlin, M.E. Fulwider, B.D. Sanders, S.L. et Medeiros, J.M. (2005). « *Does fear of falling influence spatial and temporal gait parameters in elderly persons beyond changes associated with normal aging* ». *Journals of Gerontology Series A Biological Sciences and Medical Sciences*. 60:1163–7. Consulté en ligne sur : <https://academic.oup.com/biomedgerontology/article/60/9/1163/560511>
- Colcombe, S.J. Erickson, K. I. Raz, N. Webb, A. G. Cohen, M. J. McAuley, E. et Kramer, A. F. (2003). « *Aerobic fitness reduces brain tissue loss in aging humans* ». *J. Gerontol. A Biol. Sci. Med. Sci.* 58 : 176–180. Consulté en ligne sur : <https://academic.oup.com/biomedgerontology/article/58/2/M176/593589>
- Corbières, M. et Larivière, N. (2014). « *Méthodes qualitatives, quantitatives et mixtes dans la recherche en sciences humaines, sociales et de la santé* ». Presses de l'Université du Québec. Québec : Canada.
- Crowne, D. P. & Marlowe, D. (1960). « *A new scale of social desirability independent of psychopathology* ». *Journal of Consulting Psychology*, P.24, 349 à 354.
- Crutzen, R. Göritz, A.S. (2011). « *Does social desirability compromise self-reports of physical activity in web-based research ?* ». *Int J Behav Nutr Phys Act* **8**, 31. Consulté en ligne sur : <https://doi.org/10.1186/1479-5868-8-31>
- Donoghue, O. A. Cronin, H. Savva, G. M. O'Regan, C. et Kenny, R. A. (2013). « *Effects of fear of falling and activity restriction on normal and dual task walking in community dwelling older adults* ». *Gait & Posture*. 38(1): 120–124. Consulté en ligne sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23200462>
- Dorfman, M. Herman, T., Brozgol, M. Shema, S. Weiss, A. Hausdorff, J.M. et Mirelman, A. (2014). « *Dual-Task Training on a Treadmill to Improve Gait and Cognitive Function in Elderly Idiopathic Fallers* ». *J Neurol Phys Ther*. 38(4) : 246-53. Consulté en ligne sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25198869>
- Dupuy, O. et coll. (2015). « *Higher levels of cardiovascular fitness are associated with better executive function and prefrontal oxygenation in younger and older women* ». *Front Hum Neurosci*. 9 :66. Consulté en ligne sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4332308/>
- Echenberg, H. Gauthier, J. et Léonard, A. (2011). « *Le vieillissement de la population : quelques conséquences pour les politiques publiques* ». Parlement du Canada. Consulté en ligne sur : <http://www.lop.parl.gc.ca/content/lop/researchpublications/cei-07-f.htm>
- Ekkekakis, P. (2009). « *Illuminating the black box: investigating prefrontal cortical hemodynamics during exercise with near-infrared spectroscopy* ». *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 31(4), 505-553.

- Linn, M.C. Petersen, A.C. (1985). « *Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: a meta-analysis* ». *Child Dev.* 1985 Dec; 56(6):1479-98. Consulté en ligne sur : <https://www.jstor.org/stable/1130467>
- Erickson, K. I. et coll. (2011). « *Exercise training increases size of hippocampus and improves memory* ». *PNAS.* 108(7) : 3017-3022. Consulté en ligne sur : <http://www.pnas.org/content/108/7/3017.abstract>
- Farrington, D. P. & Loeber, R. (2000). Some benefits of dichotomization in psychiatric and criminological research. *Criminal Behaviour and Mental Health*, 10, 100-122. doi:10.1002/cbm.349
- Feeney, J. Savva, M. G. et coll. (2016). « Measurement Error, Reliability, and Minimum Detectable change in the Mini-Mental State Examination, Montreal Cognitive Assessment, and Color Trails Test among Community Living Middle-Aged and Older Adults ». *J Alzheimers Dis.* 31 ;53(3) : 1107-14. Consulté en ligne sur : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27258421/>
- Fisher J. Robert. (1993). « *Social Desirability Bias and the Validity of indirect Questioning* ». *Journal Of Consumer Research*, Inc. Vol. 20. 0093-5301/942002-001. Consulté en ligne sur : https://www.researchgate.net/profile/Robert_Fisher12/publication/24098826_Social_Desirability_Bias_and_the_VValidity_of_Indirect_Questioning/links/00b49535982a112456000000/Social-Desirability-Bias-and-the-Validity-of-Indirect-Questioning.pdf
- Fraser, S. A. Li, K. Z. H. DeMont, R. G. et Penhune, V. B. (2007). « *Effects of balance status and age on muscle activation while walking under divided attention* ». *The Journals of Gerontology: Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*. 62B (3), P171–P178. Consulté en ligne sur : https://journals-scholarsportal-info.proxy.bib.uottawa.ca/pdf/10795014/v62i0003/p171_eobsaaawwuda.xml
- Fortin, M. F. (2010). « *Fondements et étapes du processus de recherche. Méthodes quantitatives et qualitatives* ». 2e édition. Chenelière Éducation: Montréal, Canada.
- Fraser, S. A. Dupuy, O. Pouliot, P. Lesage, F. et Bherer, L. (2016). « *Comparable cerebral oxygenation patterns in younger and older adults during dual-task walking with increasing load* ». *Frontiers in aging neuroscience*, 8. Consulté en ligne sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5071361/>
- Fraser, S. A. et Bherer, L. (2013). « *Age-related decline in divided attention : From theoretical lab research to practical real life situations. An advanced review of divided attention to be included* ». *Wiley interdisciplinary reviews : Cognitive Science*. 4(6) : 623-640. Consulté en ligne sur : <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/wcs.1252/abstract>

- Gage, W.H. Sleik, R.J. Polych, M.A. Mckenzie, N.C. et Brown, L.A. (2013). « *The allocation of attention during locomotion is altered by anxiety* ». *Exp Brain Res*. 150(3) : 385-94. Consulté en ligne sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12707746>
- Garriget D. et Colley, R. C. (2015). Une comparaison de l'activité physique durant les loisirs autodéclarées et de l'activité physique modérée à vigoureuse mesurée chez les adolescents et les adultes. Statistique Canada. Consulté en ligne sur : <https://www.statcan.gc.ca/pub/82-003-x/2014007/article/14038-fra.htm>
- Gerstorff, D. Herlitz, A. Smith, J. (2006). « *Stability of sex differences in cognition in advanced old age : the role of education and attrition* ». *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci*. Jul; 61(4):P245-9. Consulté en ligne sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16855037/>
- Godde, B. et Voelcker-Rehage, C. (2010). « *More automation and less cognitive control of imagined walking movements in high versus low fit older adults* ». *Frontiers In Aging Neuroscience*. doi: 10.3389/fnagi.2010.00139
- Habib, R., Nyeberg, L. et Nilsson, L. G. (2007). « Cognitive and non-cognitive factors contributing to the longitudinal identification of successful older adults in the Betula study ». *Aging Neuropsychol.Cogn*. 14, 257-273.
- Harada, T. Miyai, I. Suzuki, M. et Kubota, K. (2009). « *Gait capacity affects cortical activation patterns related to speed control in the elderly* ». *Exp. Brain Res*. 193, 445–454. Consulté en ligne sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19030850>
- Hausdorff, J.M. Schweiger, A. Herman, T. et coll. (2008). « *Dual-task decrements in gait: Contributing factors among healthy older adults* ». *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 63 (12) : 1335-1343. Consulté en ligne sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19126846>
- Hawkins, H. L. Kramer, A. F. et Capaldi, D. (1992). « *Aging, exercise, and attention* ». *Psychol. Aging*. 7 : 643–653. Consulté en ligne sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1466833>
- Hertzog C, Kramer AF, Wilson RS, Lindenberger U. (2008). « *Enrichment Effects on Adult Cognitive Development: Can the Functional Capacity of Older Adults Be Preserved and Enhanced?* » *Psychol Sci Public Interest*. 9(1):1-65. doi: 10.1111/j.1539-6053.2009.
- Howcroft, J.D. Lemaire, E.D. Kofman, J. et McIlroy, W.E. (2014). « *Analysis of Dual-Task Elderly Gait Using Wearable Plantar-Pressure Insoles and Accelerometer* ». *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*. 2014 : 5003-6. Consulté en ligne sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25571116>
- Huppert, T. Schmidt, B. Beluk, N. Furman, J. et Sparto, P. (2013). « *Measurement of Brain Activation During an Upright Stepping Reaction Task Using Functional Near-Infrared Spectroscopy* ». *Human brain Mapp*. 34(11): 2817-2828. Consulté en ligne sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24477579>
- Hsu, C.L. Nagamatsu, L.S. Davis, J.C. et coll. (2012). « *Examining the relationship between*

- specific cognitive processes and falls risk in older adults: A systematic review* ». *Osteoporos Int.* 23 : 2409- 2424. Consulté en ligne sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22638707>
- Hagströmer, M. Oja, P. et & Sjöström, M. (2006). « *The International Physical Activity Questionnaire (IPAQ): a study of concurrent and construct validity*. *Public health nutrition* ». 9(06) : 755-762. Consulté en ligne le 1^{er} Octobre 2017 sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16925881>
- Hyde, J.S. Linn, M.C. (1988) « *Gender differences in verbal ability: A meta-analysis* ». *Psychol Bull.* 104:53–69. Consulté en ligne sur : https://www.researchgate.net/publication/232528001_Gender_Differences_in_Verbal_Ability_A_Meta-Analysis#:~:text=Gender%20Differences%20in%20Mathematics%20Performance%3A%20A%20Meta%20Analysis&text=Reviewers%20have%20consistently%20concluded%20that,mathematics%20tests%20that%20females%20do.&text=An%20examination%20of%20age%20trends,elementary%20school%20and%20middle%20school.
- Jang, H. et coll. (2017). « Are there differences in brain morphology according to handedness ? ». *Brain Behav.* 7(7) : e00730. Consulté en ligne sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5516604/>
- Kim, Y. Park, I. et Kang, M. (2013). « *Convergent validity of the international physical activity questionnaire (IPAQ): meta-analysis* ». *Public health nutrition*. 16(03) : 440-452. Consulté en ligne le 1^{er} Octobre 2017 sur : <https://www.cambridge.org/core/journals/public-health-nutrition/article/convergent-validity-of-the-international-physical-activity-questionnaire-ipaq-meta-analysis/74F3BB2B3EA4995228FFE93D474D269C>
- Kim, Y. H. Seo, K. Jeon, J. H. Lee, U. et Lee, H. (2017). « *Application of Functional Near-Infrared Spectroscopy to the Study of Brain Function in Humans and Animal Models* ». *Mol Cells.* 40(8) : 523-532. Consulté en ligne sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5582298/>
- Kirschner, P. Sweller, J. Kirschner, F. Zambrano, J. (2018). « *From Cognitive Load Theory to Collaborative Cognitive Load Theory* ». *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*. 13, 213-233.
- Koenraadt, K. L.M. Roelofsen, E. G.J. Duysens, J. et Keijsers, N. W. (2013). « *Cortical control of normal gait and precision stepping : An FNIRS study* ». *Neuroimage*. 85 : 415-422. Consulté en ligne sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23631980>
- Kumari, U. et Heese, K. (2010). « *Cardiovascular dementia: a different perspective* ». *Open Biochem J.* 4: 29–52. Consulté en ligne sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20448820>
- Lajoie, Y. et Gallagher, S. P. (2004). « *Predicting falls within the elderly community : comparison of postural sway, reaction time, the berg balance scale and the Activities-specific Balance confidence (ABC) scale for comparing fallers and non-fallers* ». *Arch, Gerontol. Geriatri.* 38 : 11-26. Consulté en ligne sur : https://journals-scholarsportal-info.proxy.bib.uottawa.ca/pdf/01674943/v38i0001/11_pfwtecsfcfan.xml

- Lamoth, C.J. Van Deudekom, F.J. Van Campen, J.P. et coll. (2011). « *Gait stability and variability measures show effects of impaired cognition and dual tasking in frail people* ». *J Neuroeng Rehabil*, 8 : 2. Consulté en ligne sur : <https://jneuroengrehab.biomedcentral.com/articles/10.1186/1743-0003-8-2>
- Laurin, D. Verreault, R. Lindsay, J. MacPherson, K. et Rockwood, K. (2001). « *Physical Activity and Risk of Cognitive Impairment and Dementia in Elderly Persons* ». *Arch Neurol*. 58(3) :498-504. Consulté en ligne sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11255456>
- Li, K. Z. H. et coll. (2001). « *Memorizing while walking: Age-related differences in compensatory behavior* ». *Psychological Science*, 12, 230–237. Consulté en ligne sur : <http://web.b.ebscohost.com.proxy.bib.uottawa.ca/ehost/detail/detail?sid=98046a6c1e0944a187a94b0048926e4e%40sessionmgr101&vid=0&hid=118&bdata=JnNpdGU9ZWVhc3QtbGl2ZQ%3d%3d#AN=4518629&db=s3h>
- Li, S. C. Lindenberger, U. Sikstrom, S. Sikstrom. (2001). « Aging cognition : from neuro modulation to representation » *Trends Cogn. Sci.* 5 ; 479-486.
- Li, R. Singh, M. (2014). « Sex differences in cognitive impairment and Alzheimer's disease ». *Front Neuroendocrinol.*; 35(3):385-403. Consulté en ligne sur : https://www.gendermedjournal.it/r.php?v=2012&a=21916&l=322536&f=allegati/02012_2015_01/fulltext/07_Gabelli-Codemo.pdf
- Lindenberger, U. Marsiske, M. et Baltes, P. B. (2000). « *Memorizing While Walking: Increase in Dual-Task Costs From Young Adulthood to Old Age* ». *American Psychological Association*. Consulté en ligne sur : http://journals2.scholarsportal.info.proxy.bib.uottawa.ca/pdf/08827974/v15i0003/417_mwwiidfyatoa.xml
- Ljmker, T. et Lamoth, C.J. (2012). « *Gait and cognition: The relationship between gait stability and variability with executive function in persons with and without dementia* ». *Gait Posture*. 35 :126- 130. Consulté en ligne sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21964053>
- Lövdén M, Fratiglioni L, Glymour MM, Lindenberger U, Tucker-Drob EM. (2020). « *Education and Cognitive Functioning Across the Life Span* ». *Psychological Science in the Public Interest*. 2020;21(1):6-41. doi:10.1177/1529100620920576
- Luo, L. et Craik, F. I.M. (2008). « *Aging and Memory : A Cognitive Approach* » *Can J Psychiatry* ; 53 (6) : 346-353. Consulté en ligne sur : <http://journals.sagepub.com.proxy.bib.uottawa.ca/doi/pdf/10.1177/070674370805300603>
- Madehkhaksar, F. et Egges, A. (2016), « *Effect of dual task type on gait and dynamic stability during stair negotiation at different inclinations* ». *Gait & Posture*. 43 : 114-119. Consulté en ligne sur : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0966636215008760>
- Mapelli D, Di Rosa E, Nocita R, Sava D. (2013). « *Cognitive Stimulation in Patients with Dementia: Randomized Controlled Trial* ». *Dement Geriatr Cogn Disord Extra*. 3:263-271. doi: 10.1159/000353457

- Maylor, E.A. Reimers, S. Choi, J. Collaer, M.L. Peters, M. Silverman, I. (2007). « *Gender and sexual orientation differences in cognition across adulthood: age is kinder to women than to men regardless of sexual orientation* ». Arch Sex Behav. Apr; 36(2):235-49. Consulté en ligne sur : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17351741/>
- Mirelman, A. Maidan, I. Bernad-Elazari, H. Nieuwhof, F. Reelick, M. Giladi, N. et Hausdorff, J. M. (2014). « *Increased frontal brain activation during walking while dual tasking: an fNIRS study in healthy young adults* ». Journal of neuroengineering and rehabilitation », 11(1), 1. Consulté en ligne sur : <https://jneuroengrehab.biomedcentral.com/articles/10.1186/1743-0003-11-85>
- Mirelaman, A. Maidan, I. Bernard-Elazari, H. Shustack, S. Giladi, N. et Hausdorff, J.M. (2017). « *Effects of aging on prefrontal brain activation during challenging walking Conditions* ». Brain Cogn. 115 :41-46. Consulté en ligne sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28433922>
- Moss, S. (2008) « *Crowne and Marlowe Social Desirability Scale* ». Consulté en ligne le 2 Avril 2017 sur : <http://www.sicotests.com/psyarticle.asp?id=229>
- Mirelman, A. Maidan, I. Bernad-Elazari, H. Nieuwhof, F. Reelick, M. Giladi, N. et Hausdorff, J. M. (2014). « *Increased frontal brain activation during walking while dual tasking: an fNIRS study in healthy young adults* ». Journal of neuroengineering and rehabilitation. 11(1) : 1. Consulté en ligne sur : <https://jneuroengrehab.biomedcentral.com/articles/10.1186/1743-0003-11-85>
- Miyai, I. Tanabe, C. H. Sase, I. Eda, H. Oda, I. Konishi, I. et coll. (2001). « *Cortical mapping of gait in human: a near-infrared spectroscopic topography study* ». Neuroimage 14, 1186–1192. Consulté en ligne sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11697950>
- Muir, S. W. Gopaul, K. et Montero Odasso, M. M. (2012). « *The role of cognitive impairment in fall risk among older adults : a systematic review and meta-analysis* ». Age Ageing. 41(3) : 299-308.
- Nasreddine, Z. S. et coll. (2005). « *The Montreal Cognitive Assesement, MoCA : a brief screening tool for mild cognitive impairment* ». J Am Geriatr Soc ; 4 : 695-9. Consulté en ligne sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15817019>
- Novak, B. Brouwer. (2013) « *Sagittal and frontal lower limb joint moments during stair ascent and descent in young and older adults* ». Gait Posture, 33, pp. 54-60. Consulté en ligne sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21036615/>
- Novak, B. Brouwer. (2012). « *Strength and aerobic requirements during stair ambulation in persons with chronic stroke and healthy adults* ». Arch. Phys. Med. Rehabil., 93, pp. 683-689. Consulté en ligne sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22305128/>
- Ojha, H.A. Kern, R.W. Lin, C.J. et Winstein, C.J. (2009). « *Age affects the attentional demands*

- of stair ambulation: evidence from a dual-task approach* ». *Phys. Ther.* 89 (10), 1080–1088. Consulté en ligne sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19661159>
- Park, J. Kim, M. Shim, H. (2019). « *Effects of Multicomponent Cognitive Stimulation Program on Cognitive Function Improvement Among Elderly Women* ». *Psychology Medicine. Asian Nursing Research*.
- Prakash, R. S. Voss, M. W. Erickson, K. I. Lewis, J. M. Chaddock, L. Malkowski, E. et Kramer, A. F. (2011). « *Cardiorespiratory fitness and attentional control in the aging brain* ». *Frontiers in Human Neuroscience*. 4 : 229. Consulté en ligne sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21267428>
- Peters, R. (2006). « *Ageing and the brain* ». *Postgraduate Medical Journal*. 82(964) : 84-88. Consulté en ligne sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2596698/>
- Radak, Z. Kumagai, S. Taylor, A.W. Naito, H. et Goto, S. (2007). « *Effects of exercise on brain function: role of free radicals* ». *Appl Physiol Nutr Metab*. 32: 942–6. Consulté en ligne sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18059620>
- Riener, R. Rabuffetti, M. et Frigo, C. (2012) « *Stair ascent and descent at different inclinations* ». *Gait Posture*, 15:32–44. Consulté en ligne sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11809579>
- Rosano, C. Venkatraman, V.K. Guralnik, J. Newman, A.B. Glynn, N.W. Launer, L. Taylor, C.A. Williamson, J. Studenski, S. Pahor, M. Aizenstein, H.J. (2010). « *Psychomotor speed and functional brain MRI 2 years after completing a physical activity treatment* ». *J. Gerontol*. 65(6):639-47. Consulté en ligne: doi: [10.1093/gerona/glq038](https://doi.org/10.1093/gerona/glq038)
- Rovio, S. Kareholt, I. Helkala, E.L. Vitlanen, M. Winblad, B. Tuomilehto, J. Soininen, H. Nissinen, A. Kivipeltom M. (2005). « *Leisure-time physical activity at midlife and the risk of dementia and Alzheimer's disease* ». *The Lancet Neurology*. 4(11) : 705-11. Consulté en ligne sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16239176>
- Ruthruff, E. Pashler, H.E. Klaassen, A. (2011). « *Processing bottlenecks in dual-task performance: structural limitation or strategic postponement?* » *Psychon Bull Rev* 8:73–80. Consulté en ligne sur: <https://link.springer.com/article/10.3758/BF03196141>
- Sallis, J.F. Bull, F. Guthold, R. Heath, G.W. Inoue, S. Kelly, P. Oyeyemi, A.L. Perez, L.G. Richards, J. et Hallal, P.C. (2016). « *Progress in physical activity over the Olympic quadrennium* ». *Lancet*. 388 :1325–1336. Consulté en ligne sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27475270>
- Scheffer, A.C. Schuurmans, M.J. van Dijk, N. van der Hooft, T. et De Rooij, S.E. (2008) « *Fear of falling: measurement strategy, prevalence, risk factors and consequences among older persons* ». *Age and Ageing*. 37:19–24. Consulté en ligne sur <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18194967>

- Scherder, E.J. Van Paasschen, J. Deijen, J.B. et coll. (2005) « Physical activity and executive functions in the elderly with mild cognitive impairment ». *Aging Ment Health*. ;9:272–280. doi: 10.1080/13607860500089930
- Shumway-Cook, A. Woollacott, M. Kerns, K. Baldwin, M. (1997). « *The effects of two types of cognitive tasks on postural stability in older adults with and without a history of falls* ». *J Gerontol* 1997; **52**: M232– M240. Consulté en ligne sur : https://www.researchgate.net/publication/13996039_The_Effects_of_Two_Types_of_Cognitive_Tasks_on_Postural_Stability_in_Older_Adults_With_and_Without_a_History_of_Falls
- Spirduso, W. W. (1975). « *Reaction and movement time as a function of age and physical activity level* ». *Journal of Gerontology*. 30(4), 435-440. Consulté en ligne sur : <https://academic-oup-com.proxy.bib.uottawa.ca/geronj/article-lookup/doi/10.1093/geronj/30.4.435>
- Sparto, P. J. (2013). « *Postural adjustment errors reveal deficits in inhibition during lateral step initiation in older adults* ». *Journal of Neurophysiology* ; 2 : 415-428. Consulté en ligne sur : <http://jn.physiology.org/content/109/2/415.short>
- Springer, S. Giladi, N. Peretz, G. et coll. (2006) « *Dual-tasking effects on gait variability: The role of aging, falls, and executive function* ». *Mov Disord*, 21(7) : 950-957. Consulté en ligne sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16541455>
- Startzell, J. K. Alfred Owens, D. Mulfinger, M. L. et Cavanagh, P. R. (2000). « *Stair Negotiation in older people : A Review* ». *Journal of the American Geriatrics Society*. 48(5) : 567-580. Consulté en ligne sur : <http://onlinelibrary.wiley.com.proxy.bib.uottawa.ca/doi/10.1111/j.1532-5415.2000.tb05006.x/full>
- Steffener, J. et Stern, Yaakov. (2012). « *Exploring the neural basis of cognitive reserve in aging* ». *Biochimica et Biophysica Acta* 1822. 467-473. Consulté en ligne sur : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21982946/>
- Strait, M. et Scheutz, M. (2014). « *What we can and cannot (yet) do with functional near infrared spectroscopy* ». *Front Neurosci*. 8 : 117. Consulté en ligne sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4033094/>
- Stacoff, A. Diezi, C. Luder, G. Stussi, E. et Kramers-de-Quervain, I.A. (2005) « *Ground reaction forces on stairs: effects of stair inclination and age* ». *Gait Posture*. 21:24–38. Consulté en ligne sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15536031>
- Strauss, P., Sherman, N. & Spreen, O. (2006). « *A compendium of neuropsychological tests: administration, norms, and commentary* ». Oxford University Press.
- Suzuki, M. Miyai, I. Ono, T. Oda, I. Konishi, I. Kochiyama, T. et Kubota, K. (2004). « *Prefrontal and premotor cortices are involved in adapting walking and running speed on the treadmill: an optical imaging study* ». *Neuroimage*, 23(3), 1020-1026. Consulté en ligne sur : https://journals-scholarsportal-info.proxy.bib.uottawa.ca/pdf/10538119/v23i0003/1020_papcaittaois.xml

- Tabbarrah, M. Crimmins, EM. et Seeman, TE. (2002). « *The relationship between cognitive and physical performance : MacArthur Studies of Successful Aging.* ». *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* ; 4 : M228-35. Consulté en ligne sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11909888>
- Tanaka, H. Katura, T. et Sato, H. (2014). « *Task-related oxygenation and cerebral blood volume changes estimated from NIRS signals in motor and cognitive tasks* ». *Neuroimage* 94, 107–119. Consulté en ligne sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24642286>
- Templer, J. (1992). « *The Staircase. Studies of Hazards, Falls, and Safer Design* ». Cambridge, MA: The MIT Press.
- Ten Brinkle LF. et Coll. (2015). « *Aerobic exercise increases cortical white matter volume in older adults with vascular cognitive impairment : a 6-month randomized controlled trial* ». *Alzheimer's & dementia.* 11(7), P606. Consulté en ligne sur : <https://www.cochranelibrary.com/central/doi/10.1002/central/CN-01129087/full>
- Tombu, M. Jolicoeur, P. (2003). « *A central capacity sharing model of dual-task performance* ». *J Exp Psychol Hum Percept Perform* 29:3–18. Consulté en ligne sur : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12669744/>
- Tomprowski, P. D. (2003). « *Effects of acute bouts of exercise on cognition* ». *Acta Psychol (Amst)*. 112(3) : 297-324. Consulté en ligne sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12595152>
- Tomioka, K. Iwamoto, J. Saeki, K. Okamoto, N. « *Reliability and validity of the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) in elderly adults: the Fujiwara-kyo Study* ». *Journal of Epidemiology.* 2011 ;21(6):459-465. DOI: 10.2188/jea.je20110003.
- Uchida, S. Suzuki, A. Kagitani, F. et Hotta, H. (2006). « *Responses of acetylcholine release and regional blood flow in the hippocampus during walking in aged rats* » *J Physiol Sci.* 56: 253–7. Consulté en ligne sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16839458>
- Vallabhajosula, S. Tan, C.W. Mukherjee, M. Davidson, A.J. et Stergiou, N. (2015). « *Biomechanical analyses of stair-climbing while dual-tasking* ». *J Biomech.* 48 :921–9. Consulté en ligne sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4567248/>
- Van Hooren, S.A. Valentijn, A.M. Bosma, H. Ponds, R.W. van Boxtel, M.P. Jolles, J. (2007) « *Cognitive functioning in healthy older adults aged 64-81: a cohort study into the effects of age, sex, and education* ». *Neuropsychol Dev Cogn B Aging Neuropsychol Cogn.*14(1):40-54. Consulté en ligne sur : [doi: 10.1080/138255890969483](https://doi.org/10.1080/138255890969483).
- Van Pragg, H. (2009). « *Exercise and the brain: something to chew on* ». *Trends Neurosci.* 32: 283–90. Consulté en ligne sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2680508/>
- Verhaeghen, P. et coll. (2003). « *Aging and Dual-Task Performance: A Meta-Analysis* » *Psychology and Aging*; 3 :443-460. Consulté en ligne sur : http://journals2.scholarsportal.info.proxy.bib.uottawa.ca/pdf/08827974/v18i0003/443_aadpam.xml

- Verghese, J. Wang, C. Lipton, R.B. Holtzer, R. et Xue, X. (2007). « *Quantitative gait dysfunction and risk of cognitive decline and dementia* ». *J Neuro Neurosurg Psychiatr.* 78:929–35. Consulté en ligne sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17237140>
- Voyer, D. Voyer, S. Bryden, M.P. (1995). « *Magnitude of sex differences in spatial abilities: a meta-analysis and consideration of critical variables* ». *Psychol Bull.* 117(2):250-70. Consulté en ligne sur: doi: [10.1037/0033-2909.117.2.250](https://doi.org/10.1037/0033-2909.117.2.250)
- Wechsler, D. (1981). « *Wechsler adult intelligence scale-revised (WAIS-R)* ». Psychological Corporation.
- Weiss, E.M. Deisenhammer, E.A. Hinterhuber, H. Marksteiner, J. (2005) *Fortschr Neurol Psychiatr.* 73(10):587-95.
- Wiederholt, W.C. Cahn, D. Butters, N.M. Salmon, D.P. Kritz-Silverstein, D. Barrett-Connor, E. (1993). « Effects of age, gender and education on selected neuropsychological tests in an elderly community cohort ». *J Am Geriatr Soc.* 41(6):639-47. Consulté en ligne: doi: [10.1111/j.1532-5415.1993.tb06738.x](https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.1993.tb06738.x).
- Wilcox, T. Biondi, M. (2015). « *fNIRS in the developmental sciences* ». *Wiley Interdiscip Rev Cogn Sci.* 6(3):263-283. doi:10.1002/wcs.1343. Consulté en ligne sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26263229/>
- Williamson, J. et Fried, L. (1996). « Characterization of older adults who attribute functional decrements to “old age” ». *J Am Geriatr Soc.* 44 : 1429–1434. Consulté en ligne sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8951311>
- Wong, C.N. et coll. (2015). « *Brain activation during dual-task processing is associated with cardiorespiratory fitness and performance in older adults* ». *Front Aging Neuroscience.* Consulté en ligne sur : <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fnagi.2015.00154/full>
- Yardley, L. et coll. (2005). « *Development and initial validation of the Falls Efficacy Scale-International (FES-I)* ». *Age Ageing*; 34 : 614-9. Consulté en ligne sur : http://journals1.scholarsportal.info.proxy.bib.uottawa.ca/details/00020729/v34i0006/614_daivotfes.xml
- Yogev-Seligmann, G. Hausdorff, J.M. et Giladi, N. (2008). « *The role of executive function and attention in gait* ». *Mov Disord,* 23(3) : 329-342. Consulté en ligne sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18058946>

TABLE DES ANNEXES

Annexe 1: « <i>Phone Screening</i> » (Entrevue téléphonique)	71
Annexe 2: <i>Trail Making Test Part A</i>	75
Annexe 3: <i>Trail Making Test Part B</i>	78
Annexe 4: <i>Digit Span Forward and Backward</i>	79
Annexe 5: <i>Digit Symbol</i>	80
Annexe 6: <i>Last 7 Days IPAQ</i>	81
Annexe 7: <i>Montreal Cognitive Assesement</i>	91
Annexe 8: <i>Scores individuels sur le test Digit Span Backward</i>	93

Annexe 1 : « *Phone Screening* » (Entrevue téléphonique)

Subject Number:

TELEPHONE INTERVIEW

Date: _____

1. In the last year have you participated in a cognitive study? (If yes, at least 6 months should have passed between the ending of the previous study and this study)_____

2. What is your mother tongue? (**If it is not French, since when does the subject speak French**)_____

3. What is your age? _____

4. What is your date of birth? _____

5. What is your highest level of education? (Degree and number of years)

6. Are you right or left handed? Right handed ____ Left Handed ____

7. In the last 6 months did you have surgery (or another medical intervention) that required general anesthesia? (**If yes, write the date of the anesthesia and we will see them after the delay**)

8. Do you have vision or hearing problems that have not been corrected or an abnormal loss for your age? (**Hearing problems → Do the hearing questionnaire, if problems = exclusion criteria**)

9. Have you ever had frequent or requiring migraines?

10. Have you ever had neurological or psychiatric problems? If so which ones?

11. Have you ever had a head injury? When?

12. Have you ever lost consciousness?

13. Have you had tremors or involuntary movements?

14. Have you ever had motor problems (walking or manipulating objects) (**If severe, exclusion**)?

15. Have you ever had dizziness or problems with maintaining your balance (**If yes, ask more questions : of what nature, when, frequency, etc.**)?

16. Have you ever had and injury to your lower extremities (hip, knee, ankle) (If it is still painful while walking = exclusion)?

17. Do you have a cardiovascular condition?

18. Do you have high blood pressure?

19. Do you have Diabetes?

20. Do you have arthritis?

21. Do you have epilepsy? (if it is severe and recurrent, exclusion)

22. Do you have a thyroid condition?

23. Have you ever fallen while walking (if yes, ask more questions : when, why, how many times)?

24. What is your weekly consumption of alcohol?

25. Have you ever had alcohol or drug abuse problems? (If current = exclusion)

26. Do you smoke?

27. Do you have problems with concentration or attention?

28. Do you have problems with your memory?

29. Do you have problems finding your words while talking?

30. Have the people close to you noticed a significant difference in these three areas (attention, memory, trouble finding words)?

31. Are you physically active regularly (more than 2 times per week) besides activities of daily living? ? What are these activities?

32. Do you take medication? If yes, do these medications make you feel drowsy or effect your mental state? (list the medications (name and dosage) that are taken regularly and if the person is not sure tell the person that we will call them back)

33. Other comments

HEARING/VISION QUESTIONNAIRE

Subject Number: _____

Date: _____

Instructions: It is important to mention to the participant that in the case of yes/no questions they need to answer exclusively by yes or by no. If the person is not sure how to answer ask them to answer according to their age group.

A. BRIEF HEARING QUESTIONNAIRE

1. Do people around you complain about your hearing?
2. Have you ever had a hearing test?
3. Do you use a hearing aid?
4. Have you ever had surgery to improve your hearing? If yes what type?
5. Do you have ringing in your ears? If yes when and in which ear?

6. Do you or have you ever practiced a loud activity? (ex. Hunting or Music)
7. Do you encounter difficulty hearing in your personal life or socially?
8. Do you have any other hearing problems other than the ones already mentioned? If yes, which ones? _____
9. How would you rate your general health in relation to your age?

1-----2-----3-----4-----5
Poor Average Very good

10. How would you rate your ability to hear?

1-----2-----3-----4-----5

Poor Average Very Good

11. How would you rate your vision?

1-----2-----3-----4-----5

Poor Average Very Good

B. BRIEF VISION QUESTIONNAIRE

1. When was your last vision exam? _____

2. Do you have:

a. Color Blindness No _ Yes _

b. Glaucoma No _ Yes _

c. Cataracts No _ Yes _

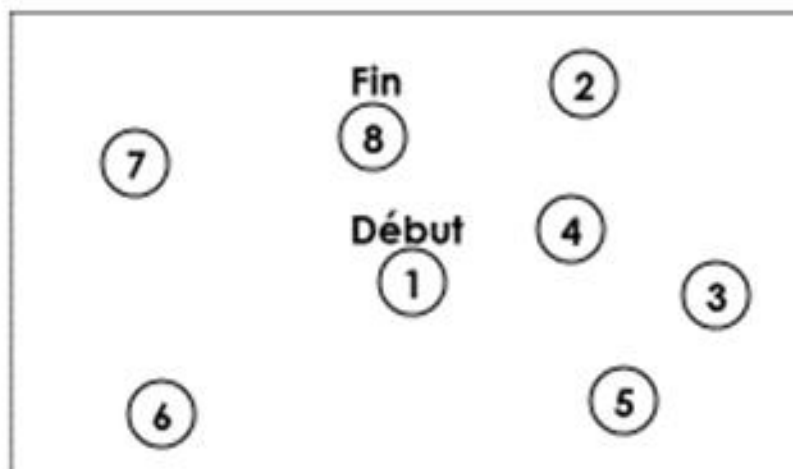
d. Retinal disease (like diabetic retinopathy, detached retina, macular degeneration)

No _ Yes _

Annexe 2 : « *Trail Making Test Part A* » (Version en Français)

Trail Making
part A

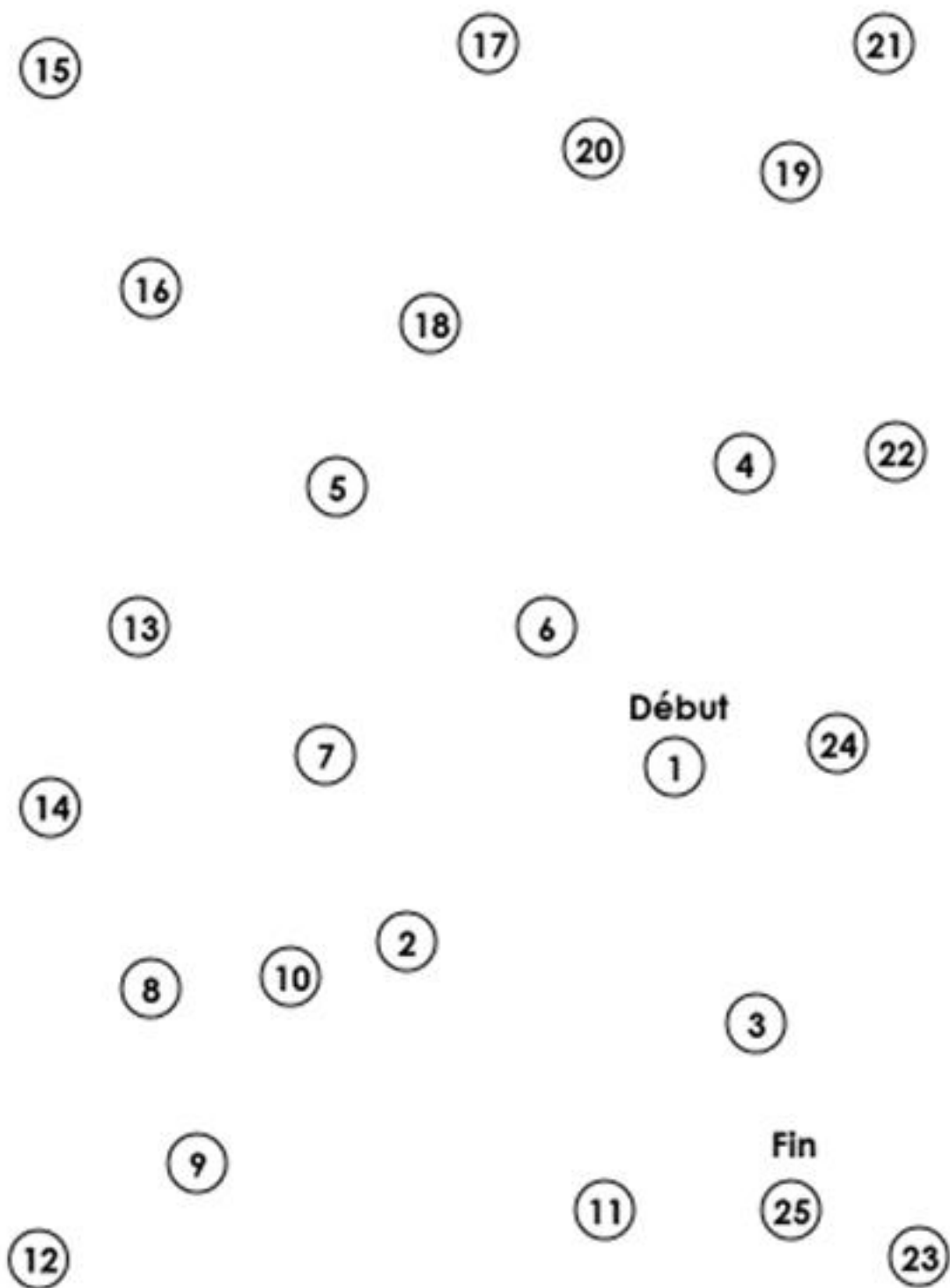
EXEMPLE



NOM _____

Date _____

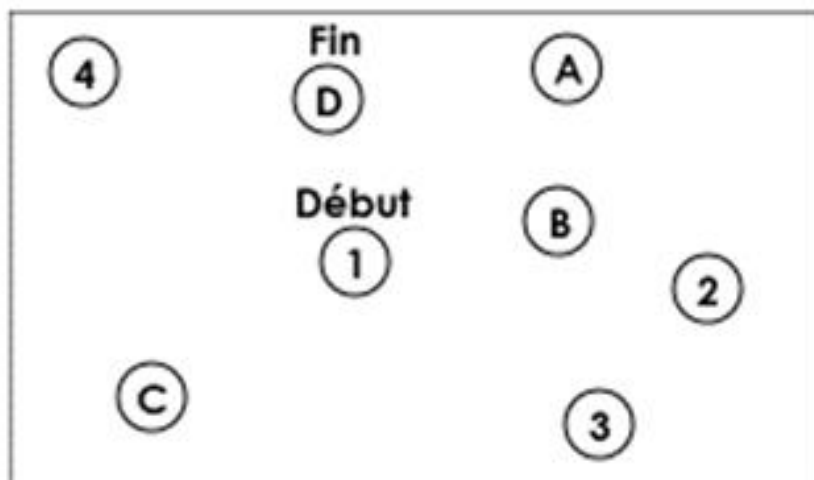
Temps _____ Erreur _____



Annexe 3 : « *Trail Making Test Part B* » (Version en Français)

Trail Making
part B

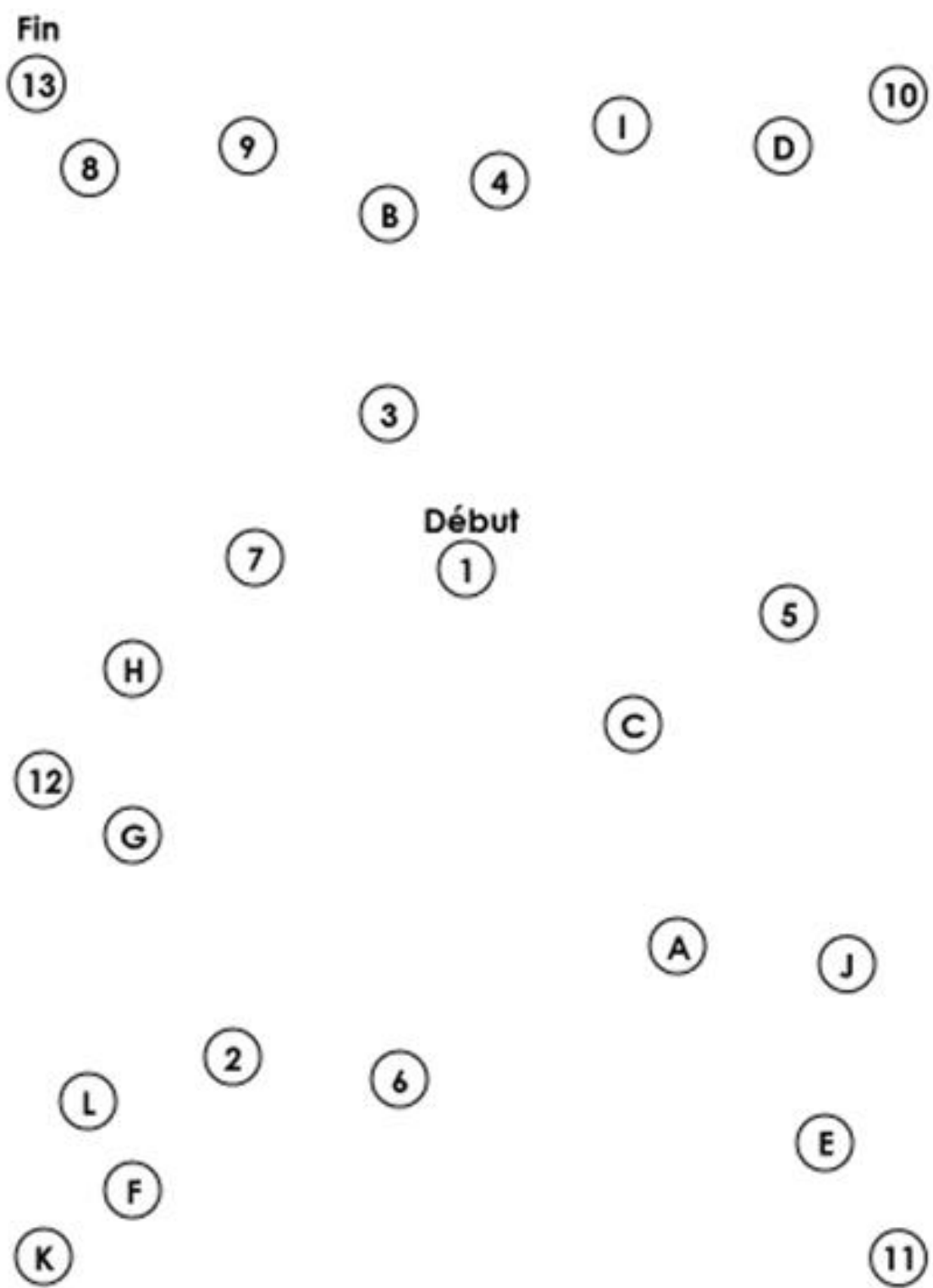
EXEMPLE



NOM _____

Date _____

Temps _____ Erreur _____



Annexe 4 : « Digit Span Forward and Backward » (Version en français)

8- MÉMOIRE DE CHIFFRES

Rythme : 1 chiffre par seconde

Stop : 2 essais d'une même série échoués

À l'endroit

Question	Réponse	Question	Réponse	Point
1) 1-7		6-3		2 1 0
2) 5-8-2		6-9-4		2 1 0
3) 6-4-3-9		7-2-8-6		2 1 0
4) 4-2-7-3-1		7-5-8-3-6		2 1 0
5) 6-1-9-4-7-3		3-9-2-4-8-7		2 1 0
6) 5-9-1-7-4-2-8		4-1-7-9-3-8-6		2 1 0
7) 5-8-1-9-2-6-4-7		3-8-2-9-5-1-7-4		2 1 0
8) 2-7-5-8-6-2-5-8-4		7-1-3-9-4-2-5-6-8		2 1 0

À rebours

Question	Réponse	Question	Réponse	Point
1) 2-4 (4-2)		5-8 (8-5)		2 1 0
2) 6-2-9 (9-2-6)		7-1-9 (9-1-7)		2 1 0
3) 3-2-7-9 (9-7-2-3)		4-9-6-8 (8-6-9-4)		2 1 0
4) 1-5-2-8-6 (6-8-2-5-1)		6-1-8-4-3 (3-4-8-1-6)		2 1 0
5) 5-3-9-4-1-8 (8-1-4-9-3-5)		7-2-4-8-5-6 (6-5-8-4-2-7)		2 1 0
6) 8-1-2-9-3-6-5 (5-6-3-9-2-1-8)		4-7-3-9-1-2-8 (8-2-1-9-3-7-4)		2 1 0
7) 9-4-3-7-6-2-5-8 (8-5-2-6-7-3-4-9)		7-2-8-1-9-6-5-3 (3-5-6-9-1-8-2-7)		2 1 0

Annexe 5 : Digit Symbol

Name: _____

Date: _____

Digit	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Score
Symbol	—	⊥	⌈	⌌	⌍	○	∧	×	=	

Samples

2	1	3	7	2	4	8	2	1	3	2	1	4	2	3	5	2	3	1	4	5	6	3	1	4
⊥	—	⌈	∧	⊥	⌌	×																		

1	5	4	2	7	6	3	5	7	2	8	5	4	6	3	7	2	8	1	9	5	8	4	7	3

6	2	5	1	9	2	8	3	7	4	6	5	9	4	8	3	7	2	6	1	5	4	6	3	7

9	2	8	1	7	9	4	6	8	5	9	7	1	8	5	2	9	4	8	6	3	7	9	8	6

Figure 13.1 The Digit Symbol Substitution Test (DSST). The athlete completes as many boxes as possible in 90 seconds

Annexe 6: IPAQ Long (*Last 7 Days*)

READ: I am going to ask you about the time you spent being physically active in the last 7 days. Please answer each question even if you do not consider yourself to be an active person. Think about the activities you do at work, as part of your house and yard work, to get from place to place, and in your spare time for recreation, exercise or sport.

PART 1: JOB-RELATED PHYSICAL ACTIVITY

READ: The first questions are about your work. This includes paid jobs, farming, volunteer work, course work and any other unpaid work that you did outside your home. Do not include unpaid work you might do around your home, like housework, yard work, general maintenance, and caring for your family. I will ask you about these later.

1. Do you currently have a job or do any unpaid work outside your home?
[WORK; Yes=1, No=0; 8, 9]
_____ Yes
_____ No [Skip to PART 2]
8. Don't Know/Not Sure [Skip to PART 2]
9. Refused [Skip to PART 2]

[Interviewer clarification: This also includes credit and non-credit classes or course work. It also includes volunteer work and time spent looking for work. It does not include unpaid house or yard work, nor caring for dependents, this will be asked in a later section.]

READ: The following questions are about all the physical activity you did as part of your paid or unpaid work. This does not include traveling to and from work.

READ: First, think about all the *vigorous* activities which take *hard physical effort* that you did as part of your work. Vigorous activities make you breathe much harder than normal. These may include things like heavy lifting, digging, heavy construction work, or climbing up stairs. Think about only those vigorous physical activities that you did for at least 10 minutes at a time.

2. During the last 7 days, on how many days did you do vigorous physical activities as part of your work? [OVDAY; Range 0-7, 8, 9]
_____ Days per week [If respondent answers 0, skip to Question 4]
8. Don't Know/Not Sure [Skip to Question 4]
9. Refused [Skip to Question 4]

[Interviewer clarification: Think about only those physical activities that you did for at least 10 minutes at a time.]

[Interviewer clarification: Work includes paid and unpaid work as well as course work. Include all jobs and volunteer work.]

3. How much time did you usually spend on one of those days doing vigorous physical activities as part of your work?

____ ____ Hours per day [OVDHRS; Range 0-16]
 ____ ____ Minutes per day [OVDMIN; Range 0-960, 998, 999]
 998. Don't Know/Not Sure
 999. Refused

[Interviewer clarification: Think about only those physical activities you did for at least 10 minutes at a time.]

[Interviewer probe: An average time per day is being sought. If the respondent can't answer because the pattern of time spent varies widely from day to day, or includes time spent doing a variety of paid and unpaid work, ask: "What is the total amount of time you spent **over the last 7 days** doing vigorous physical activities as part of your work?"

____ ____ Hours per week [OVWHRS; Range 0-112]
 ____ ____ Minutes per week [OVWMIN; Range 0-6720, 9998, 9999]
 9998. Don't Know/Not Sure
 9999. Refused

READ: Now think about activities which take *moderate* physical effort that you did as part of your work. Moderate physical activities make you breathe somewhat harder than normal and may include activities like carrying light loads. Do not include walking. Again, think about only those moderate physical activities that you did for at least 10 minutes at a time.

4. During the **last 7 days**, on how many days did you do **moderate** physical activities as part of your work? [OMDAY; Range 0-7, 8, 9]
- ____ Days per week [If respondent answers 0, skip to Question 6]
 8. Don't Know/Not Sure [Skip to Question 6]
 9. Refused [Skip to Question 6]

[Interviewer clarification: Think about only those physical activities that you did for at least 10 minutes at a time.]

[Interviewer clarification: Work includes paid and unpaid work as well as course work. Include all jobs.]

5. How much time did you usually spend on one of those days doing **moderate** physical activities as part of your work?
- ____ ____ Hours per day [OMDHR; Range 0-16]
 ____ ____ Minutes per day [OMDMIN; Range 0-960, 998, 999]
 998. Don't Know/Not Sure
 999. Refused

[Interviewer clarification: Think about only those physical activities you did for at least 10 minutes at a time.]

[Interviewer probe: An average time per day is being sought. If the respondent can't answer because the pattern of time spent varies widely from day to day, or includes time spent doing a variety of paid and unpaid work, ask: "What is the total

amount of time you spent over the last 7 days doing moderate physical activities as part of your work?"

____ Hours per week [OMWHR; Range 0-112]
____ Minutes per week [OMWMIN; Range 0-6720, 9998, 9999]
9998. Don't Know/Not Sure
9999. Refused

READ: Now think about the time you spend walking for at least 10 minutes at a time as part of your work. Please do not count any walking you did to travel to or from work.

6. During the last 7 days, on how many days did you walk as part of your work?
[OWDAY; Range 0-7, 8, 9]
____ Days per week [If respondent answers 0, skip to PART 2]
8. Don't Know/Not Sure [Skip to PART 2]
9. Refused [Skip to PART 2]

[Interviewer clarification: Think about only the walking that you did for at least 10 minutes at a time.]

[Interviewer clarification: Include all jobs.]

7. How much time did you usually spend on one of those days walking as part of your work?
____ Hours per day [OWDHR; Range 0-16]
____ Minutes per day [OWDMIN; Range 0-960, 998, 999]
998. Don't Know/Not Sure
999. Refused

[Interviewer clarification: Think about only the walking you did for at least 10 minutes at a time.]

[Interviewer probe: An average time per day is being sought. If the respondent can't answer because the pattern of time spent varies widely from day to day, or includes time spent doing a variety of paid and unpaid work, ask: "What is the total amount of time you spent walking over the last 7 days as part of your work?"

____ Hours per week [OWWHR; Range 0-112]
____ Minutes per week [OWWMIN; Range 0-6720, 9998, 9999]
9998. Don't Know/Not Sure
9999. Refused

PART 2: TRANSPORTATION PHYSICAL ACTIVITY

READ: Now, think about how you traveled from place to place, including to places like work, stores, movies and so on.

8. During the last 7 days, on how many days did you travel in a motor vehicle like a train, bus, car or tram? [TMDAY; Range 0-7, 8, 9]
____ Days per week [If respondent answer 0, skip to Question 10]

8. Don't Know/Not Sure *[Skip to Question 10]*
 9. Refused *[Skip to Question 10]*

9. How much time did you usually spend on one of those days **traveling** in a car, bus, train or other kind of motor vehicle?

____ Hours per day (TMDHRS; Range 0-16)
 ____ Minutes per day (TMDMIN; Range 0-960, 998, 999)
 998. Don't Know/Not Sure
 999. Refused

[Interviewer probe: An average time per day is being sought. If the respondent can't answer because the pattern of time spent varies widely from day to day, ask: "What is the total amount of time you spent **over the last 7 days** traveling in a motor vehicle?"

____ Hours per week (TMDHRS; Range 0-112)
 ____ Minutes per week (TMDMIN; Range 0-6720, 9998, 9999)
 9998. Don't Know/Not Sure
 9999. Refused

READ: Now think only about the **bicycling** you did to travel to and from work, to do errands, or to go from place to place. Only include bicycling that you did for at least 10 minutes at a time.

10. During the **last 7 days**, on how many days did you **bicycle** to go from place to place? (TBDAY; Range 0-7, 8, 9)

____ Days per week *[If respondent answers 0, skip to Question 12]*
 8. Don't Know/Not Sure *[Skip to Question 12]*
 9. Refused *[Skip to Question 12]*

[Interviewer clarification: Think only about the bicycling that you did for at least 10 minutes at a time.]

11. How much time did you usually spend on one of those days **to bicycle** from place to place?

____ Hours per day (TBDHRS; Range 0-16)
 ____ Minutes per day (TBDMIN; Range 0-960, 998, 999)
 998. Don't Know/Not Sure
 999. Refused

[Interviewer clarification: Think about only the bicycling that you did for at least 10 minutes at a time.]

[Interviewer probe: An average time per day is being sought. If the respondent can't answer because the pattern of time spent varies widely from day to day, ask: "What is the total amount of time you spent bicycling **over the last 7 days** to travel from place to place?"

____ Hours per week (TBDHRS; Range 0-112)
 ____ Minutes per week (TBDMIN; Range 0-6720, 9998, 9999)
 9998. Don't Know/Not Sure

9999. Refused

READ: Now think only about the walking you did to travel to and from work, to do errands or to go from place to place. Only include walking that you did for at least 10 minutes at a time.

12. During the last 7 days, on how many days did you walk to go from place to place?

[TWDAY; Range 0-7, 8, 9]

_____ Days per week [If respondent answers 0, skip to PART 3]

8. Don't Know/Not Sure [Skip to PART 3]

9. Refused [Skip to PART 3]

[Interviewer clarification: Think only about the walking that you did for at least 10 minutes at a time.]

13. How much time did you usually spend on one of those days walking from place to place?

_____ Hours per day [TWDHRS; Range 0-16]

_____ Minutes per day [TWDMIN; Range 0-960, 998, 999]

998. Don't Know/Not Sure

999. Refused

[Interviewer clarification: Think about only the walking that you did for at least 10 minutes at a time.]

[Interviewer probe: An average time per day is being sought. If the respondent can't answer because the pattern of time spent varies widely from day to day, ask: "What is the total amount of time you spent over the last 7 days walking from place to place?"

_____ Hours per week [TWWHRS; Range 0-112]

_____ Minutes per week [TWWMIN; Range 0-6720, 9998, 9999]

9998. Don't Know/Not Sure

9999. Refused

PART 3: HOUSEWORK, HOUSE MAINTENANCE AND CARING FOR FAMILY

READ: Now think about the physical activities you have done in the last 7 days in and around your home, like housework, gardening, yard work, general maintenance work, and caring for your family.

READ: First think about vigorous activities which take hard physical effort that you did in the garden or yard. Vigorous activities make you breathe much harder than normal and may include heavy lifting, chopping wood, shoveling snow, or digging. Again, think about only those vigorous physical activities that you did for at least 10 minutes at a time.

14. During the last 7 days, on how many days did you do vigorous physical activities in the garden or yard? [GVDAY; Range 0-7, 8, 9]

_____ Days per week [If respondent answers 0, skip to Question 16]

8. Don't Know/Not Sure *[Skip to Question 16]*
9. Refused *[Skip to Question 16]*

[Interviewer clarification: Think about only those physical activities that you did for at least 10 minutes at a time.]

15. How much time did you usually spend on one of those days doing **vigorous** physical activities in the garden or yard?

____ Hours per day [GVDHRS; Range 0-16]
 ____ Minutes per day [GVDMIN; Range 0-960, 998, 999]
 998. Don't Know/Not Sure
 999. Refused

[Interviewer clarification: Think about only those physical activities that you did for at least 10 minutes at a time.]

[Interviewer probe: An average time per day is being sought. If the respondent can't answer because the pattern of time spent varies widely from day to day, ask: "What is the total amount of time you spent **over the last 7 days** doing vigorous physical activities in the garden or yard?"

____ Hours per week [GVWHRS; Range 0-112]
 ____ Minutes per week [GVWMIN; Range 0-6720, 9998, 9999]
 9998. Don't Know/Not Sure
 9999. Refused

READ: Now think about activities which take *moderate* physical effort that you did in the garden or yard. Moderate physical activities make you breathe somewhat harder than normal and may include carrying light loads, sweeping, washing windows, and raking. Again, include only those moderate physical activities that you did for at least 10 minutes at a time.

16. During the **last 7 days**, on how many days did you do **moderate** activities in the garden or yard? [GMDAY; Range 0-7, 8, 9]

____ Days per week *[If respondent answers 0, skip to Question 18]*
 8. Don't Know/Not Sure *[Skip to Question 18]*
 9. Refused *[Skip to Question 18]*

[Interviewer clarification: Think about only those physical activities that you did for at least 10 minutes at a time.]

17. How much time did you usually spend on one of those days doing **moderate** physical activities in the garden or yard?

____ Hours per day [GMDHRS; Range 0-16]
 ____ Minutes per day [GMDMIN; Range 0-960, 998, 999]
 998. Don't Know/Not Sure
 999. Refused

[Interviewer clarification: Think about only those physical activities that you did for at least 10 minutes at a time.]

[Interviewer probe: An average time per day is being sought. If the respondent can't answer because the pattern of time spent varies widely from day to day, ask: "What is the total amount of time you spent **over the last 7 days** doing moderate physical activities in the garden or yard?"

____ Hours per week [GMVHRS; Range 0-112]
____ Minutes per week [GMVMIN; Range 0-6720, 9998, 9999]
9998. Don't Know/Not Sure
9999. Refused

READ: Now think about activities which take at least *moderate* physical effort that you did *inside your home*. Examples include carrying light loads, washing windows, scrubbing floors, and sweeping. Include only those moderate physical activities that you did for at least 10 minutes at a time.

[Interviewer clarification: Moderate activities make you breathe somewhat harder than normal.]

18. During the **last 7 days**, on how many days did you do **moderate** activities **inside your home**? [HMDAY; Range 0-7, 8, 9]
____ Days per week [If respondent answers 0, skip to PART 4]
8. Don't Know/Not Sure [Skip to PART 4]
9. Refused [Skip to PART 4]

[Interviewer clarification: Think about only those physical activities that you did for at least 10 minutes at a time.]

[Interviewer clarification: During the last 7 days, on how many days did you do activities that take at least **moderate** effort inside your home?]

19. How much time did you usually spend on one of those days doing **moderate** physical activities inside your home?
____ Hours per day [HMDHRS; Range 0-16]
____ Minutes per day [HMDMIN; Range 0-960, 998, 999]
998. Don't Know/Not Sure
999. Refused

[Interviewer clarification: Think about only those physical activities that you did for at least 10 minutes at a time.]

[Interviewer probe: An average time per day is being sought. If the respondent can't answer because the pattern of time spent varies widely from day to day, ask: "What is the total amount of time you spent **over the last 7 days** doing moderate physical activities inside your home?"

____ Hours per week [HMVHRS; Range 0-112]
____ Minutes per week [HVMIN; Range 0-6720, 9998, 9999]
9998. Don't Know/Not Sure
9999. Refused

PART 4: RECREATION, SPORT, AND LEISURE-TIME PHYSICAL ACTIVITY

READ: Now, think about all the physical activities that you did in the last 7 days solely for recreation, sport, exercise or leisure. Please do not include any activities you have already mentioned.

20. Not counting any walking you have already mentioned, during the last 7 days, on how many days did you walk for at least 10 minutes at a time in your leisure time?

[LWDAY; Range 0-7, 8, 9]

_____ Days per week [If respondent answers 0, skip to Question 22]

8. Don't Know/Not Sure [Skip to Question 22]

9. Refused [Skip to Question 22]

[Interviewer clarification: Think about only the walking that you did for at least 10 minutes at a time.]

21. How much time did you usually spend on one of those days walking in your leisure time?

____ Hours per day [LWDHRS; Range 0-16]

____ Minutes per day [LWDMIN; Range 0-960, 998, 999]

998. Don't Know/Not Sure

999. Refused

[Interviewer clarification: Think about only the walking that you did for at least 10 minutes at a time.]

[Interviewer probe: An average time per day is being sought. If the respondent can't answer because the pattern of time spent varies widely from day to day, ask: "What is the total amount of time you spent over the last 7 days walking in your leisure time?"

____ Hours per week [LWWHRS; Range 0-112]

____ Minutes per week [LWWMIN; Range 0-6720, 9998, 9999]

9998. Don't Know/Not Sure

9999. Refused

READ: Now think about other physical activities you did in your leisure time for at least 10 minutes at a time.

READ: First, think about vigorous activities which take hard physical effort that you did in your leisure time. Examples include aerobics, running, fast bicycling, or fast swimming.

[Interviewer clarification: Vigorous activities make you breathe much harder than normal.]

22. During the last 7 days, on how many days did you do vigorous physical activities in your leisure time? [LVDAY; Range 0-7, 8, 9]

_____ Days per week [If respondent answers 0, skip to Question 24]

8. Don't Know/Not Sure *[Skip to Question 24]*
 9. Refused *[Skip to Question 24]*

[Interviewer clarification: Think about only those vigorous physical activities that you did for at least 10 minutes at a time.]

23. How much time did you usually spend on one of those days doing **vigorous** physical activities in your leisure time?

____ Hours per day [LVDHRS; Range 0-16]
 ____ Minutes per day [LVDMIN; Range 0-960, 998, 999]
 998. Don't Know/Not Sure
 999. Refused

[Interviewer clarification: Think about only those physical activities that you did for at least 10 minutes at a time.]

[Interviewer probe: An average time per day is being sought. If the respondent can't answer because the pattern of time spent varies widely from day to day, ask: "What is the total amount of time you spent **over the last 7 days** doing vigorous physical activities in your leisure time?"

____ Hours per week [LVWHRS; Range 0-112]
 ____ Minutes per week [LVWMIN; Range 0-6720, 9998, 9999]
 9998. Don't Know/Not Sure
 9999. Refused

READ: Now think about activities which take *moderate* physical effort that you did in your leisure time. Examples include bicycling at a regular pace, swimming at a regular pace, and doubles tennis. Again, include only those moderate activities that you did for at least 10 minutes at a time.

[Interviewer clarification: Moderate physical activities make you breathe somewhat harder than normal.]

24. During the **last 7 days**, on how many days did you do **moderate** physical activities in your leisure time? [LMDAY; Range 0-7, 8, 9]

____ Days per week *[If respondent answers 0, skip to PART 5]*
 8. Don't Know/Not Sure *[Skip to PART 5]*
 9. Refused *[Skip to PART 5]*

[Interviewer clarification: Think about only those physical activities that you did for at least 10 minutes at a time.]

23. How much time did you usually spend on one of those days doing **moderate** physical activities in your leisure time?

____ Hours per day [LMDHRS; Range 0-16]
 ____ Minutes per day [LMDMIN; Range 0-960, 998, 999]
 998. Don't Know/Not Sure
 999. Refused

[Interviewer clarification: Think about only those physical activities that you did for at least 10 minutes at a time.]

[Interviewer probe: An average time per day is being sought. If the respondent can't answer because the pattern of time spent varies widely from day to day, ask: "What is the total amount of time you spent over the last 7 days doing moderate physical activities in your leisure time?"

____ Hours per week [LMWHR; Range 0-112]
____ Minutes per week [LMWMIN; Range 0-6720, 9998, 9999]
9998. Don't Know/Not Sure
9999. Refused

PART 5: TIME SPENT SITTING

READ: The last question is about the time that you spent *sitting* during the last 7 days. Include time at work, at home, while doing course work and during leisure time. This may include time spent sitting at a desk, visiting friends, reading or sitting or lying down to watch television. Do not include any time spent sitting in a motor vehicle that you have already told me about.

26. During the last 7 days, how much time did you usually spend **sitting** on a weekday?

____ Hours per day [SDHR; Range 0-16]
____ Minutes per day [SDMIN; Range 0-960, 998, 999]
998. Don't Know/Not Sure
999. Refused

[Interviewer clarification: Include time spent lying down (awake) as well as sitting.]

[Interviewer probe: An average time per day is being sought. If the respondent can't answer because the pattern of time spent sitting varies widely from day to day, ask: "How much time in total did you spend sitting on **Wednesday**?"

____ Hours on Wednesday [SWHR; Range 0-16]
____ Minutes per Wednesday [SWMIN; Range 0-960, 998, 999]
9998. Don't Know/Not Sure
9999. Refused

27. During the last 7 days, how much time did you usually spend **sitting** on a weekend day?

____ Hours per day [SEHR; Range 0-16]
____ Minutes per day [SEMIN; Range 0-960, 998, 999]
998. Don't Know/Not Sure
999. Refused

[Interviewer clarification: Include time spent lying down (awake) as well as sitting.]

Annexe 7: Montreal Cognitive Assessment (MOCA)

MONTREAL COGNITIVE ASSESSMENT (MOCA)
Version 7.1 Original Version

Name: _____
Education: _____ Date of birth: _____
Sex: _____ DATE: _____

VISUOSPATIAL / EXECUTIVE


☐


Copy Cube

☐

Draw CLOCK (ten past eleven)
(3 points)

☐ Contour ☐ Numbers ☐ Hands

POINTS

____/5

NAMING


☐

☐

☐

____/3

MEMORY		FACE	VELVET	CHURCH	DAISY	RED	POINTS
Read list of words, subject must repeat them. Do 2 trials, even if 1st trial is successful. Do a recall after 5 minutes.	1st trial						No points
	2nd trial						
ATTENTION Read list of digits (1 digit/sec) Subject has to repeat them in the forward order ☐ 2 1 8 5 4 Subject has to repeat them in the backward order ☐ 7 4 2 ___/2							
Read list of letters. The subject must tap with their hand at each letter A. No points if ≥ 2 errors ☐ FBACMNAAJKLBAFAKDEAAAJAMOF AAB ___/1							
Serial 7 subtraction starting at 100 ☐ 93 ☐ 86 ☐ 79 ☐ 72 ☐ 65 4 or 5 correct subtractions: 3 pts, 2 or 3 correct: 2 pts, 1 correct: 1 pt 0 correct: 0 pt ___/3							
LANGUAGE Repeat: I only know that John is the one to help today. ☐ The cat always hid under the couch when dogs were in the room. ☐ ___/2							
Fluency / Name maximum number of words in one minute that begin with the letter F ☐ _____ (N $\geq$ 11 words) ___/1							
ABSTRACTION Similarity between e.g. banana – orange = fruit ☐ train – bicycle ☐ watch – ruler ___/2							
DELAYED RECALL	Has to recall words WITH NO CLUE	FACE ☐	VELVET ☐	CHURCH ☐	DAISY ☐	RED ☐	Points for UNCUED recall only ___/5
Optional	Category cue						
	Multiple choice cue						
ORIENTATION ☐ Date ☐ Month ☐ Year ☐ Day ☐ Place ☐ City ___/6							
© Z.Nacreddine MD www.moaafet.org Normal $\geq 26 / 30$						TOTAL ___/30 Add 1 point if ≤ 12 yr edu	

Administered by: _____

Annexe 8 :

Scores individuels sur le test MoCA :

	<i>Higher Fit</i>	<i>Low erFit</i>
	-	26
	27	30
	28	30
	29	26
	27	27
	26	29
	26	26
	26	27
	26	27
Moyenne	26,8	27,6
Écart Type	1,1	1,7

Scores individuels sur le test « *Digit Span Backward* » :

	<i>Higher Fit</i>	<i>Lower Fit</i>
	9	-
	6	9
	6	10
	6	10
	7	6
	7	7
	7	6
	8	10
	6	11
	5	7
Moyenne :	6,4	8,4
Écart Type :	± 0,9	± 1,9