



HAL
open science

Les bienfaits d'un programme simultané d'activité physique et d'entraînement cognitif sur les performances exécutives et motrices de personnes atteintes de troubles cognitifs légers

Laure Combourieu Combourieu Donnezan

► To cite this version:

Laure Combourieu Combourieu Donnezan. Les bienfaits d'un programme simultané d'activité physique et d'entraînement cognitif sur les performances exécutives et motrices de personnes atteintes de troubles cognitifs légers. Psychologie. Université Paris Sud - Paris XI, 2015. Français. NNT : 2015PA113006 . tel-01865801

HAL Id: tel-01865801

<https://theses.hal.science/tel-01865801>

Submitted on 2 Sep 2018

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

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

UNIVERSITÉ PARIS-SUD

ÉCOLE DOCTORALE 456 :

SCIENCES DU SPORT, DE LA MOTRICITÉ ET DU MOUVEMENT HUMAIN

Laboratoire : CIAMS

THÈSE DE DOCTORAT

SCIENCES DU SPORT ET DU MOUVEMENT HUMAIN

par

Laure COMBOURIEU-DONNEZAN

**LES BIENFAITS D'UN PROGRAMME SIMULTANÉ D'ACTIVITÉ PHYSIQUE ET
D'ENTRAÎNEMENT COGNITIF SUR LES PERFORMANCES EXÉCUTIVES ET
MOTRICES DE PERSONNES ATTEINTES DE TROUBLES COGNITIFS LÉGERS**

Date de soutenance : 02/07/2015

Composition du jury :

Directeur de thèse :	Gilles KEMOUN	Pr., Université de Poitiers (et lieu d'exercice)
Co-directeur de thèse :	Prénom NOM	Fonction (et lieu d'exercice) (<i>s'il y a lieu</i>)
Rapporteurs :	Sylvie BELLEVILLE	Pr., Université de Montréal
	Claudine FABRE	Pr., Université de Lille
Examineurs :	Anne Sophie RIGAUD	Pr., Université Paris Descartes
	Alexandra PERROT	MCF, Université Paris Sud
Membres invités :	Frédéric BLOCH	Dr., Université Paris Descartes

REMERCIEMENTS

On ne travaille jamais vraiment tout seul... Je tiens donc à remercier les personnes qui ont contribué à l'accomplissement de ce travail doctoral.

Mes premiers remerciements s'adressent à mon équipe de directeurs, qui m'a accompagnée et guidée tout au long de ce travail, en m'apportant chacun à leur manière de précieux conseils. Nos rendez-vous de travail ont été des moments d'échanges très riches et très formateurs, qui m'ont aidée à construire mon chemin de pensées et à toujours tenter de l'améliorer.

Monsieur le Professeur Gilles Kemoun, j'ai eu à vos côtés mes premières étincelles de chercheuse, déterminantes dans mon choix professionnel. Vous avez accepté de m'encadrer en thèse bien que je n'ai pas eu les compétences initiales habituellement souhaitées. L'intérêt que vous portez à de nombreux domaines a suscité ma curiosité et mon engouement à des thématiques variées. Pour toutes ces raisons, je vous remercie très sincèrement.

Sans toi Alexandra Perrot, cette thèse n'aurait pas eu la même teneur. À l'écoute, constructive, formatrice et patiente, tu as su enfile toutes les casquettes pour m'accompagner dans ce beau et long projet. J'ai énormément apprécié travailler avec toi durant cette épopée. Tu m'as beaucoup appris, à travers des conseils et des explications parfois très imagées mais toujours pédagogiques (e.g., les navets et les carottes), ainsi que soutenu avec ta conviction exigeante et bienveillante. Je te remercie infiniment.

Je vous suis très reconnaissante également Dr. Frédéric Bloch, qui m'avez fait bénéficier de vos connaissances et de votre large expérience clinique. Nos échanges ont été pour moi de vraies sources de réflexion. De plus, votre enthousiasme et vos encouragements m'ont soutenue régulièrement. Je vous en remercie très chaleureusement.

Je remercie sincèrement Sylvie Belleville et Claudine Fabre de m'avoir fait l'honneur d'être les rapporteurs de ce travail. Un grand merci également à Anne Sophie Rigaud d'avoir accepté de faire partie de la commission d'examen et de présider mon jury.

Je tiens aussi à adresser de nombreux et reconnaissants remerciements aux personnes âgées ayant fidèlement participées à mon étude. Celles-ci ont été une réelle source de motivation pour aller au bout de ce travail. Leur gentillesse, leur enthousiasme et leurs attentions m'ont toujours beaucoup touchée.

Bien entendu, je souhaite remercier le Dr. Seux et son équipe, pour m'avoir ouvert les portes du service de consultation mémoire de l'hôpital de jour de Broca, et pour les discussions nécessaires au démarrage de mes expérimentations. Je remercie aussi très sincèrement le service du Centre Communal d'Action Sociale de la Mairie de Paris, pour m'avoir offert la possibilité de mettre en place dans leurs locaux les programmes d'expérimentation de mon étude. Mes remerciements vont

également vers Didier Ghenassia, de l'entreprise EBSCO, et la compagnie Décathlon, pour m'avoir donné le matériel nécessaire à la bonne réalisation de ce travail.

Je remercie également l'ensemble du personnel de l'UFR STAPS pour leur sympathie et leur collaboration tout au long de ma thèse.

Mes remerciements vont aussi évidemment à mes copains doctorants, qui ont fréquenté le bureau « des contrôles moteurs » ou des « psychos » en même temps que moi : Anne, Anna, Jiewen, Manon, Servane, Hugo, Jean-Louis, Mathieu, David, Stéphane, Mickael, Iréné, Elise, Clint, Christophe, Anne-Laure et bien d'autres. Nos moments partagés m'ont fait le plus grand bien durant ces années. Mes venues au labo étaient des vrais moments de plaisirs (enfin presque !).

Merci aussi à tous mes amis qui ont participé de près ou de loin à cette expérience de vie.

Enfin je tiens à remercier ma famille et belle famille pour leur soutien immuable,

Papa, un très grand merci pour ta présence, ton aide très précieuse et constante à des moments pas toujours évidents.

Maman, un grand merci aussi pour ton écoute et tes conseils de sage.

Mes frères et sœurs, Camille et Benoit, et belle-sœur, Laure, pour leur disponibilité, leur humour et leur profonde bienveillance.

Enfin, un gigantesque merci à mon époux, Guillaume. Ton écoute, ta joie de vivre, ton amour, ta compréhension, tes services consciencieux et tes attentions m'ont à maintes reprises aidée à avancer et ont été extrêmement chers à mes yeux.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	11
CHAPITRE 1 – LE VIEILLISSEMENT COGNITIF DE LA PERSONNE ÂGÉE MCI ET SES CAPACITÉS D’AMÉLIORATION	14
1. LE VIEILLISSEMENT COGNITIF DES PERSONNES ATTEINTES DE MCI	14
1.1. Le vieillissement cognitif	14
1.2. Le concept de MCI	17
1.3. Caractéristiques des profils MCI	18
1.3.1. Caractéristiques cognitives des sujets MCI	18
1.3.2. Caractéristiques non cognitives des sujets MCI	20
1.3.2.1. Troubles psychologiques	20
1.3.2.2. Troubles de la marche	21
1.3.2.2.1. En simple tâche (i.e., allure naturelle)	21
1.3.2.2.1.1. Caractéristiques	21
1.3.2.2.1.2. Mécanismes sous-jacents	21
1.3.2.2.2. En double tâche cognitivo-motrice	22
1.3.2.2.2.1. Précisions méthodologiques	22
1.3.2.2.2.2. Caractéristiques	23
1.3.2.2.2.3. Mécanismes sous-jacent	24
1.3.3. Intérêts des sujets MCI avec atteintes exécutives (MCIex)	26
2. LES FACTEURS MODÉRATEURS DU VIEILLISSEMENT COGNITIF	27
2.1. La réserve cognitive	28
2.2. La plasticité cérébrale et la théorie de l’enrichissement cognitif	29
2.2.1. La plasticité cérébrale	29
2.2.2. L’enrichissement cognitif	31
2.3. Les modérateurs du vieillissement cognitif	33
CHAPITRE 2 – LES BIENFAITS DES PROGRAMMES D’ACTIVITÉ PHYSIQUE ET D’ENTRAÎNEMENT COGNITIF SUR LE DÉCLIN COGNITIF ET DES PERSONNES MCI	36
1. LES EFFETS DES PROGRAMMES D’ACTIVITÉ PHYSIQUE SUR LE VIEILLISSEMENT COGNITIF	36
1.1. Moyens et critères d’évaluations méthodologiques	36
1.1.1. Introduction aux différents termes liés à l’activité physique	36
1.1.2. Mesures subjectives et objectives	37
1.2. Lien entre la pratique d’activité physique et la cognition	39
1.2.1. Mise en évidence par une approche transversale	39
1.2.2. Mise en évidence par une approche longitudinale	40
1.2.3. Mise en évidence par une approche interventionnelle	42
1.3. Les entraînements aérobies	43
1.3.1. Impacts sur les performances cognitives	44
1.3.2. Impacts sur les capacités de marche	46
1.4. Hypothèses explicatives des effets de l’activité physique sur le vieillissement cognitif	47
1.4.1. Hypothèse métabolique	47
1.4.2. Hypothèse de la plasticité synaptique	48
1.4.3. Hypothèse des ressources attentionnelles	48
1.4.4. Hypothèse de la vitesse de traitement	49
1.5. Recommandations pour favoriser les bienfaits de l’activité physique aérobie sur la cognition ..	49
1.5.1. Solutions face aux obstacles de la pratique d’activité physique	50
1.5.2. Déterminants des programmes aérobies	50

1.5.2.1.	Stimulation unique ou multiple	50
1.5.2.2.	Niveau d'intensité et temps de pratique	50
1.5.2.3.	Suivi des participants	51
2.	LES BIENFAITS DES PROGRAMMES D'ENTRAÎNEMENT COGNITIF SUR LE VIEILLISSEMENT COGNITIF	52
2.1.	Moyens et critères d'évaluations méthodologiques	52
2.1.1.	Considérations méthodologiques	52
2.1.2.	Mesures subjectives et objectives	54
2.2.	Lien entre la pratique d'activité cognitivement stimulante et la cognition	54
2.2.1.	Mise en évidence par des approches longitudinales et transversales	55
2.2.2.	Mise en évidence par une approche interventionnelle	56
2.3.	Diversité des entraînements cognitifs	57
2.3.1.	Approche sélective et enjeux de la restauration cognitive	57
2.3.2.	Approche multi-domaine et enjeux de la compensation cognitive	58
2.4.	Les programmes d'entraînement cognitif ciblés sur les fonctions exécutives	59
2.4.1.	Programmes existants	59
2.4.2.	Impacts sur les performances cognitives	60
2.4.3.	Impacts sur les performances de marche	63
2.5.	Hypothèses explicatives des effets des entraînements cognitifs sur le vieillissement cognitif	64
2.6.	Déterminants des programmes d'entraînement cognitif	65
2.6.1.	Priorité fixe vs priorité variable	65
2.6.2.	Niveau de difficulté et feedback	67
2.6.3.	Groupe vs individuel	67
2.6.4.	Maintien à long terme des compétences acquises	68

CHAPITRE 3 – PROGRAMME SIMULTANÉ D'ACTIVITÉ PHYSIQUE ET D'ENTRAÎNEMENT COGNITIF : IMPACT MAJORÉ ET TRANSFÉRABLE? **73**

1.	IMPACTS DES ENTRAÎNEMENTS SÉQUENTIELS (AP+EC) SUR LE VIEILLISSEMENT COGNITIF ET MOTEUR	74
1.1.	Caractéristiques	74
1.2.	Impact des entraînements AP+EC	75
1.2.1.	Vis-à-vis d'un groupe contrôle passif	75
1.2.2.	Vis-à-vis d'un groupe contrôle actif (AP et/ou EC)	76
1.2.2.1.	AP+EC vs AP	76
1.2.2.2.	AP+EC vs EC vs C	77
1.3.	Enjeux de la population MCI au sein des entraînements séquentiels	83
1.4.	Analyse et recommandations des entraînements séquentiels	83
2.	IMPACTS DES ENTRAÎNEMENTS SIMULTANÉS SUR LE VIEILLISSEMENT COGNITIF ET MOTEUR	85
2.1.	Idée novatrice	85
2.2.	Impacts des entraînements simultanés de double tâche cognitivo-motrice sur le vieillissement cognitif et moteur	87
2.2.1.	Entraînement en double tâche musicale	87
2.2.2.	Entraînement en double tâche avec une demande cognitive	88
2.2.2.1.	Chez les personnes âgées saines	88
2.2.2.2.	Chez les personnes âgées chuteuses	89
2.2.2.3.	Chez les sujets atteints de la maladie d'Alzheimer	89
2.2.2.4.	Chez les sujets atteints de MCI	91
2.3.	Programmes simultanés d'activité physique et d'entraînement cognitif (APEC) sur les performances exécutives et motrices des personnes âgées	93
2.4.	Attractivité des programmes simultanés	96
3.	HYPOTHÈSES EXPLICATIVES	97
3.1.	Hypothèse issue des bienfaits des entraînements APEC	97
3.2.	Hypothèses issues des entraînements en double tâche	99

3.2.1.	Le modèle de concurrence entre les domaines cognitifs (<i>The cross-domain competition model</i>)	99
3.2.2.	Le modèle d'interaction non-linéaire en U (<i>The U-shaped nonlinear interaction model</i>)	100
3.2.3.	Le modèle de priorisation de la tâche (<i>The task prioritization model</i>)	100
PROBLÉMATIQUE		102
- ÉTUDE PRINCIPALE – IMPACT D’UN ENTRAÎNEMENT SIMULTANÉ SUR LES PERFORMANCES EXÉCUTIVES ET MOTRICES DE SUJETS MCIEX : ÉTUDE MIXTRAIN		106
1.	MÉTHODOLOGIE	106
1.1.	Population	106
1.1.1.	Critères d’inclusion	106
1.1.2.	Critères d’exclusion	107
1.1.3.	Recrutement	107
1.2.	Pré-tests	108
1.2.1.	Tests cognitifs	108
1.2.1.1.	Fonctionnement exécutif	109
1.2.1.2.	Vitesse de traitement	111
1.2.3.	Tests moteurs	112
1.2.3.1.	Test de marche en simple tâche	114
1.2.3.2.	Tests fonctionnels de marche	114
1.2.4.	Tests psychologiques	119
1.3.	Procédure	120
1.3.1.	Groupe d’Activité Physique (AP)	121
1.3.2.	Groupe d’Entraînement Cognitif (EC)	122
1.3.3.	Groupe couplant simultanément de l’activité physique et de l’entraînement cognitif (APEC)	124
1.3.4.	Groupe contrôle (C)	125
1.3.5.	Interface de l’expérimentateur	125
1.4.	Post-tests	125
1.4.1.	Immédiat	125
1.4.2.	À six mois	125
1.5.	Synthèse de la procédure de l’étude MIXTRAIN	126
2.	RÉSULTATS	127
2.1.	Caractéristiques de la population initiale	127
2.2.	Comparaison des performances initiales	129
2.3.	Analyse des caractéristiques des programmes	131
2.3.1.	Attractivité des programmes	131
2.3.2.	Intensité d’effort	132
2.4.	Analyse des effets des entraînements à court terme	133
2.4.1.	Impact des entraînements : effets propres de chaque programme	133
2.4.2.	Comparaison des scores de progrès	140
2.5.	Maintien des compétences à long terme	146
2.5.1.	Population suivie à six mois	
2.5.2.	Effets des entraînements à six mois	146
2.5.3.	Corrélations entre les moyennes post-tests et à six mois	150
DISCUSSION		153
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES		188
ANNEXES		227

TABLE DES FIGURES

Figure 1. Facteurs impliqués dans le vieillissement cognitif.....	14
Figure 2. Classification des profils MCI	19
Figure 3. Illustration graphique du paradigme de la double tâche.....	23
Figure 4. Évolution de la maladie d'Alzheimer en fonction de la quantité de réserve cognitive.....	29
Figure 5. Représentation du potentiel de développement cognitif pour un individu donné.	30
Figure 6. Représentation du potentiel de développement cognitif pour un individu donné	31
Figure 7. Influence de l'activité physique sur le taux de conversion en démence	42
Figure 8. Illustration des différents types d'entraînements combinés.....	74
Figure 9. Hypothèse d'explication des mécanismes physiologiques des entraînements simultanés,.....	98
Figure 10. Hypothèses des entraînements simultanés.	104
Figure 11. Extrait du <i>Test de Stroop</i> en condition interférence.....	110
Figure 12. Extrait du <i>Test de Stroop</i> en condition flexibilité.	110
Figure 13. Illustration du <i>Matrix reasoning test</i> , pages 2 et 13 (WAIS, 1999).	111
Figure 14. Illustration des paramètres spatiotemporels sur une piste de marche électronique de type GAITRite®.....	114
Figure 15. Illustration du <i>Walking Stroop Carpet</i> , croquis des draps d'évaluation de marche	116
Figure 16. Tapis des <i>Walking Trail Making Tests</i>	117
Figure 17. Disposition du matériel en entraînement simultané	124
Figure 18. Procédure expérimentale de l'étude MIXTRAIN sur les capacités cognitives, cardiorespiratoires, motrices et psychologiques.....	126
Figure 19. Suivi de la population MIXTRAIN.....	128
Figure 20. Graphiques caractérisant l'attractivité des programmes par le taux de présence.....	132
Figure 21. Comparaisons des effets de l'entraînement APEC par rapport aux groupes AP, EC et C, à travers les scores de progrès.	145
Figure 22. Schéma synthétique du nombre total de variables améliorées après les différents programmes d'entraînements.....	152
Figure 23. Schémas synthétiques des effets quantitatifs des programmes à la suite des séances,.....	152
Figure 24. Comparaisons descriptives des pourcentages d'amélioration des programmes sur les tests exécutifs.....	152
Figure 25. Comparaisons descriptives des pourcentages d'amélioration des programmes sur les variables motrices.	152

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1. Résultats de l'étude d'Oswald et al. (2006).....	78
Tableau 2. Résultats des paramètres cognitifs de l'étude de Linde & Alferman, 2013	80
Tableau 3. Caractéristiques de la population d'étude MIXTRAIN	128
Tableau 4. Comparaisons des performances exécutives initiales (pré-tests) entre les groupes.....	129
Tableau 5. Comparaisons des performances initiales aux tests moteurs (pré-tests) entre les groupes.....	130
Tableau 6. Comparaisons des performances cardiorespiratoire et psychologiques initiales (pré-tests) entre les groupes	131
Tableau 7. Comparaison des intensités d'effort aérobie calculées à partir des FCr et FCE durant toute la durée des entraînements AP et APEC.....	132
Tableau 8. Résultats de l'ANOVA à mesures répétées pour les variables exécutives et cardiorespiratoire	135
Tableau 9. Résultats de l'ANOVA à mesures répétées sur les variables psychologiques	136
Tableau 10. Résultats de l'ANOVA à mesures répétées sur les variables motrices	137
Tableau 11. Résultats des quatre comparaisons planifiées sur les variables exécutives et cardiorespiratoire	138
Tableau 12. Résultats des comparaisons planifiées sur les variables psychologiques et motrices.....	139
Tableau 13. Tableau récapitulatif des améliorations en fonction de chaque domaine	140
Tableau 14. Résultats des ANOVAs à un facteur sur les variables exécutives.....	141
Tableau 15. Résultats des comparaisons planifiées sur les scores de progressions APEC vis-à-vis des autres groupes dans le domaine exécutif	141
Tableau 16. Résultats des ANOVAs à un facteur sur les variables cardiorespiratoire et psychologiques	142
Tableau 17. Résultats des comparaisons planifiées sur les scores de progressions APEC vis-à-vis des autres groupes dans les domaines cardiorespiratoires et psychologiques.....	142
Tableau 18. Résultats des ANOVAs à un facteur sur les variables motrices.....	143
Tableau 19. Résultats des comparaisons planifiées sur les scores de progressions APEC vis-à-vis des autres groupes dans le domaine moteur	143
Tableau 20. Résultats des ANOVAs à mesures répétées et des comparaisons planifiées sur les variables exécutives et cardiorespiratoire à six mois	147
Tableau 21. Résultats des ANOVAs à mesures répétées et des comparaisons planifiées sur les variables psychologiques.....	148

Tableau 22. Résultats des ANOVAs à mesures répétées et des comparaisons planifiées sur les variables motrices.....	149
Tableau 23. Corrélations dans le groupe AP entre les scores post-tests et P6-tests sur les variables améliorées suite à l'entraînement	151
Tableau 24. Corrélations dans le groupe EC entre les scores post-tests et P6-tests sur les variables améliorées suite à l'entraînement.....	151
Tableau 25. Corrélations dans le groupe APEC entre les scores post-tests et P6-tests sur les variables améliorées suite à l'entraînement.....	151

LISTE DES ABRÉVIATIONS

Concepts

MCI : Mild Cognitive Impairment

aMCI : MCI avec trouble mnésique isolé

amdMCI : MCI avec atteinte de plusieurs fonctions cognitives, dont la mémoire

naMCI : MCI avec atteinte d'un domaine cognitif unique, autre que la mémoire

namdMCI : MCI avec atteinte de plusieurs domaines cognitifs, excepté la mémoire

MCIex : MCI avec atteinte exécutive

AP : Groupe d'activité physique

EC : Groupe d'entraînement cognitif

AP+EC : Programme séquentiel d'activité physique et d'entraînement cognitif

DTM : Double tâche cognitivo-motrice

APEC : Programme simultané d'activité physique et d'entraînement cognitif

Tests

BREF : Batterie Rapide d'Efficienc Frontale

FES : Fall Efficacy Scale

GDS : Geriatric Depression Scale

MMSE : Mini Mental State Examination

SF 36 : Short Form 36

TMT : Trail Making Test

TUG : Timed Up and Go test WSC : Walking Stroop Carpet

WTMT : Walking Trail Making Test

INTRODUCTION

Le 17 mars 2015 s'est déroulée à Genève la conférence ministérielle sur l'action mondiale contre la démence. À cette occasion, le Dr Margaret Chan, directrice générale de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), a déclaré que « la démence est une marée montante que l'on voit progresser dans le monde entier », et qu'« il faut investir davantage dans la recherche ». En effet, avec l'augmentation de la durée de vie, les démences ou les troubles cognitifs apparentés ne cessent de s'accroître, créant ainsi une situation unique dans l'histoire contemporaine.

Ces pathologies neuro-dégénératives, qui sont d'ores et déjà les premières maladies chroniques contribuant au handicap et à la dépendance chez les personnes âgées, peuvent être diagnostiquées plus ou moins tardivement. Cette fenêtre temporelle suggère le caractère évolutif de ces pathologies et l'existence de plusieurs stades avant la perte d'autonomie totale. On ne « tombe » pas dans la démence. Comme pour d'autres processus pathologiques, il existe une installation progressive des troubles qui laisse entrevoir la possibilité d'influencer le devenir de ces personnes âgées.

Pour maintenir son indépendance et plus précisément son adaptabilité, la personne âgée doit conserver des capacités physiques et cognitives suffisantes pour réagir face aux incidents de vie courante. Optimiser ses capacités serait la clé de la préservation de l'autonomie. D'ailleurs, on constate aujourd'hui que la perte de l'indépendance intervient à des âges plus avancés, les styles de vie actifs favorisant la prévention d'un grand nombre de pathologies, y compris cognitives. En effet, si certains médicaments permettent de ralentir la progression des déclinés et d'améliorer la qualité de vie des malades, les espoirs thérapeutiques se tournent davantage vers les traitements non médicamenteux, dans la phase de pré-diagnostic démentiel où le sujet présente seulement de légers troubles cognitifs. Ces constats conduisent à se poser la question suivante : les programmes axés sur le style de vie actif peuvent-ils combler les déficits des sujets ayant de légers troubles cognitifs afin de maintenir voir d'améliorer leur autonomie ?

Au regard de ce questionnement, l'activité physique et l'entraînement cognitif apparaissent comme les deux principaux modérateurs du vieillissement cognitif. Ainsi, étant donné les caractéristiques des personnes à risque de démence et les recommandations de prises en charge

faites à leurs égards, il semblerait intéressant de majorer leurs sollicitations en leur proposant des interventions particulièrement riches en stimuli. Par conséquent, au sein de cette thèse nous proposerons un programme couplant simultanément l'activité physique à de l'entraînement cognitif.

Ce type de programme, en plus d'être potentiellement plus efficace, présente deux avantages principaux. Premièrement, il permet de répondre aux remarques souvent portées sur les interventions d'activité physique, jugées peu attractives, et à celles sur les entraînements cognitifs, considérées comme répétitives, qui pourraient expliquer une partie des abandons de ces pratiques. Ainsi, le caractère simultané de l'entraînement pourrait renforcer l'intérêt pour la pratique et favoriser un comportement actif de manière prolongé et durable. Deuxièmement, les multiples stimulations produites au sein de ce programme se rapprochent des situations rencontrées dans la vie de tous les jours. Elles pourraient donc faciliter le transfert des effets travaillés durant les séances sur des tâches de vie quotidienne, courantes et particulièrement pertinentes à améliorer pour ces profils.

Ainsi, l'enjeu de ce travail est d'établir quels peuvent être les bienfaits de la pratique d'une activité physique et d'un entraînement cognitif effectués simultanément, dans la perspective de lutter contre les effets délétères du vieillissement cognitif chez des sujets en situation de troubles cognitifs légers. Il s'agira, au travers d'une étude d'intervention, d'observer l'impact de l'entraînement simultané sur des variables cognitives, cardiorespiratoire, psychologiques et motrices.

Afin de situer notre recherche au regard des connaissances scientifiques actuelles, nous débuterons ce travail par une revue de littérature sur les caractéristiques du vieillissement des sujets avec des troubles cognitifs légers et les modérateurs existants du déclin cognitif. Dans un deuxième temps, nous détaillerons le cadre théorique des bienfaits de l'activité physique et de l'entraînement cognitif chez ce type de population. Dans un troisième et dernier temps, nous aborderons le concept des entraînements combinés et plus particulièrement des entraînements simultanés.

Ensuite, nous présenterons la problématique de notre travail avant de décrire l'étude principale qui tentera de répondre à notre questionnement. À la suite de cette étude, seront présentés les

résultats, ainsi qu'une discussion portant sur le caractère innovant et nécessaire de ce type d'entraînement.

CHAPITRE 1 – LE VIEILLISSEMENT COGNITIF DE LA PERSONNE ÂGÉE MCI ET SES CAPACITÉS D’AMÉLIORATION

1. LE VIEILLISSEMENT COGNITIF DES PERSONNES ATTEINTES DE MCI

1.1. Le vieillissement cognitif

Le vieillissement est un ensemble de processus physiologiques et psychologiques qui opère sur tout individu. Il existe d’innombrables théories sur les causes du vieillissement, qui s’accordent sur deux notions principales : le vieillissement est normal et inéluctable. Ce processus, commence dès l’âge de 20 ans et progresse avec l’avancée en âge. Il est le résultat des effets composés des facteurs propres de l’organisme (i.e., intrinsèques) et des facteurs environnementaux auxquels est soumis l’organisme tout au long de sa vie (i.e., extrinsèques). Le vieillissement cognitif suit ces mêmes caractéristiques et relève d’un processus complexe, lent, et progressif qui implique divers facteurs biologiques, psychologiques et sociaux (Figure 1).



Figure 1. Facteurs impliqués dans le vieillissement cognitif, à partir des travaux de Lemaire & Bherer, 2005.

Les études menées sur l'effet du vieillissement sur les capacités cognitives mettent en évidence une diminution des performances des sujets âgés sur la mémoire (e.g., Park & Gutchess, 2002), le fonctionnement exécutif (e.g., Verhaeghen & Cerella, 2002), la vitesse de traitement (e.g., Salthouse, 2004), ou encore les capacités visuo-spatiales (pour revue, Hupet & Van der Linden, 1994).

Trois grandes théories ont été proposées pour expliquer ce déclin cognitif (e.g., Fontaine, 2007 ; Hupet & Van der Linden, 1994) : i) l'hypothèse du ralentissement généralisé (e.g., Cerella, Poon, & Williams, 1980) qui stipule que la vitesse de traitement des informations est diminuée à cause du vieillissement ; ii) l'hypothèse des capacités de mémoire de travail (e.g., Baddeley & Hitch, 1974 ; Van der Linden, 1997) qui postule que les déclins cognitifs seraient dus à une baisse des capacités de mémoire de travail¹ ; iii) et l'hypothèse du contrôle exécutif qui correspond à un déclin de l'efficacité des capacités d'inhibition lors de la sélection des informations en mémoire de travail (e.g., Hasher & Zacks, 1988) engendrant une quantité trop importante d'informations retenues, se soldant par des difficultés à sélectionner les informations pertinentes. Cette hypothèse est à ce jour la plus défendue, étant donné que les fonctions exécutives se montrent comme les fonctions cognitives les plus affectées par l'avancée en âge (e.g., Bherer, Belleville, & Hudon, 2004 ; Bopp & Verhaeghen, 2005 ; Lamar, Swenson, Kaplan, & Libon, 2004 ; Resnick, Pham, Kraut, Zonderman, & Davatzikos, 2003 ; Zhou, Fan, Lee, Wang, & Wang, 2011).

Les fonctions exécutives aident à une meilleure adaptation à de nouveaux environnements et optimisent la façon d'aborder des circonstances non familières (e.g., Gilbert & Burgess, 2008 ; Shallice, 1982). D'une manière générale, elles correspondent à la mise en place de processus de contrôle et de régulation (e.g., Baddeley, 1992), qui peuvent être regroupés sous le terme de fonctionnement exécutif (e.g., Meulemans, Collette, & Van der Linden, 2004). Elles sont difficilement dissociables des tâches qu'elles contrôlent (e.g., Allali, 2007). D'après Shallice (1982), ces tâches englobent : i) les tâches nouvelles ; ii) la recherche d'information en mémoire de travail ; iii) l'élaboration de nouvelles séquences de comportement ; iv) l'inhibition de

¹ définie comme la capacité de maintien temporaire de l'information en mémoire, et impliquée dans la plupart des activités quotidiennes

réponses non-appropriées ; v) les doubles tâches ; vi) la détection et la correction des erreurs dans l'exécution de plans nouveaux ; vii) le maintien d'une attention soutenue sur une longue période.

Selon les études, le nombre de fonctions exécutives recensées varie. Ainsi, Miyake et al. (2000) en dissocient principalement trois : l'inhibition, la mise à jour en mémoire de travail, et la flexibilité mentale. L'inhibition correspond à la capacité du sujet à empêcher la production d'une réponse automatique, à stopper l'accès d'informations devenues non-pertinentes, et à limiter l'activation des informations non-pertinentes en mémoire de travail, durant la tâche à réaliser (e.g., Hasher, Zacks, & May, 1999). La mise à jour de la mémoire de travail consiste à actualiser le contenu de la mémoire de travail, à savoir supprimer les informations devenues non-pertinentes pour ne tenir compte que des informations nouvelles, nécessaires à l'activité en cours. La flexibilité mentale consiste à modifier un schéma mental induit, c'est à dire à s'adapter à une tâche nouvelle, alterner entre différentes tâches, ou encore passer d'une tâche à une autre. À celle-ci, peuvent être ajoutées d'autres fonctions développées par Godefroy et le Grefex (2008), telles que la planification, l'attention, la récupération active d'informations en mémoire à long terme et la déduction de règles.

L'inclusion de l'attention au sein des fonctions exécutives est discutable et variable suivant les auteurs (e.g., Allali, Van Der Meulen, & Assal, 2010 ; Godefroy, 2008 ; Miyake et al., 2000). En effet, l'attention est l'un des concepts les plus abstraits de la cognition et regroupe en réalité plusieurs fonctions partageant un rôle commun de régulation cérébrale (e.g., Allali, 2007). Elle peut se définir comme étant la capacité d'un individu à traiter l'information. Par conséquent, l'implication de l'attention est principale et transversale dans les performances des fonctions exécutives².

Dans ce même souci de précision, la notion de mémoire de travail nous paraît importante à spécifier (e.g., Godefroy, Jeannerod, Allain, & Le Gall, 2008). D'un point de vue théorique, à travers les nombreux travaux de Baddeley, les auteurs la présentent comme un « espace central du fonctionnement cognitif en liaison avec d'autres fonctions cognitives [...] notamment les fonctions exécutives et les facultés attentionnelles » (e.g., Aubin, Coyette, Pradat-Diehl, & Vallat-Azouvi, 2007, p. 7). En effet, d'un point de vue clinique, l'apparition de troubles exécutifs peut entraîner des perturbations sur le fonctionnement de la mémoire de travail surtout dans les tâches complexes (e.g., Baddeley et al., 1997 ; pour revue, Collette, Andres, & Van der Linden,

² D'ailleurs, l'atteinte des processus attentionnels renvoie au sein des MCI à une atteinte exécutive.

1999 ; Levy, 2006). Ainsi, la mémoire de travail semble être un procédé participant au bon fonctionnement des processus exécutifs, tout en étant dissociée des fonctions exécutives.

L'altération des capacités cognitives ne correspond pas toujours à un vieillissement normal et peut être le signe précurseur de maladies neuro-dégénératives, telles que la démence. Ce type de pathologies, sous toutes ses formes (e.g., maladie d'Alzheimer, démence vasculaire, mixte) est devenu un problème majeur de santé publique en raison du vieillissement de la population et de sa forte prévalence avec l'avancée en âge. Il existe néanmoins une évolution plus ou moins rapide, entre l'instant où le processus se met en route et le moment où le diagnostic est posé. Plusieurs études ont montré que les sujets en phase pré-clinique de démence souffrent d'un déclin de leurs performances cognitives plusieurs années avant le diagnostic clinique de démence (e.g., Petersen, 2004 ; Petersen, Doody, Kurz, et al., 2001 ; Winblad et al., 2004). Cette fenêtre temporelle regroupe des personnes souffrant d'une diminution majorée des performances cognitives, considérée comme non pathologique mais potentiellement à risques (e.g., Flicker, Ferris, & Reisberg, 1991). Ces personnes sont nommées dans les études comme des profils atteints de Mild Cognitive Impairment (MCI ; en français : troubles cognitifs légers).

1.2. Le concept de MCI

Les premiers à introduire le terme de MCI sont Flicker et al. (1991) et Petersen et al. (1995). Il se définit par : « une plainte mnésique subjective idéalement corroborée par un tiers, des déficits cognitifs objectifs et progressifs, des activités de la vie quotidienne normales ou légèrement perturbées, et une absence de démence » (Petersen et al., 1999, 2001; p. 1986). Il désigne donc un état cognitif moins performant que celui attendu pour l'âge et pour le niveau socio-culturel du sujet, mais pas suffisamment sévère pour correspondre à un état démentiel (Petersen et al., 1999).

Le devenir de ces profils cognitifs MCI est varié. Les individus les plus « chanceux » reviennent à un vieillissement cognitif normal³ tandis que certains restent MCI quelques années et les autres évoluent vers la démence (e.g., Gauthier et al., 2006 ; Panza et al., 2005). Les personnes qui témoignent d'un MCI ont cinq fois plus de risques de développer une démence de

³ Suivant les études (e.g., Gauthier et al., 2006 ; Panza et al., 2005), 20 à 44% des personnes considérées comme ayant une atteinte MCI retournent vers un vieillissement usuel (e.g., Gauthier et al., 2006 ; Panza et al., 2005).

type Alzheimer sur une période de cinq ans. Cette population a donc un taux de conversion vers la démence beaucoup plus élevé que la population âgée sans troubles cognitifs. Elle correspond à une conversion de 50% en 2 à 3 ans (e.g., Amieva, 2004), pouvant aller entre 60 et 100% lors d'un suivi de 5 à 10 ans (e.g., Petersen, 2004). La barrière entre le vieillissement cognitif usuel et pathologique est clairement très difficile à délimiter à ce stade et laisse un pan très large de profils correspondre à ces critères. Par conséquent, l'évolution temporelle des troubles MCI est très discordante aussi. Du fait de la multiplicité des troubles cognitifs (e.g., le langage, les capacités visuospatiales, les fonctions exécutives) et de l'hétérogénéité importante de la population MCI, la première définition de Petersen est fréquemment remise à jour.

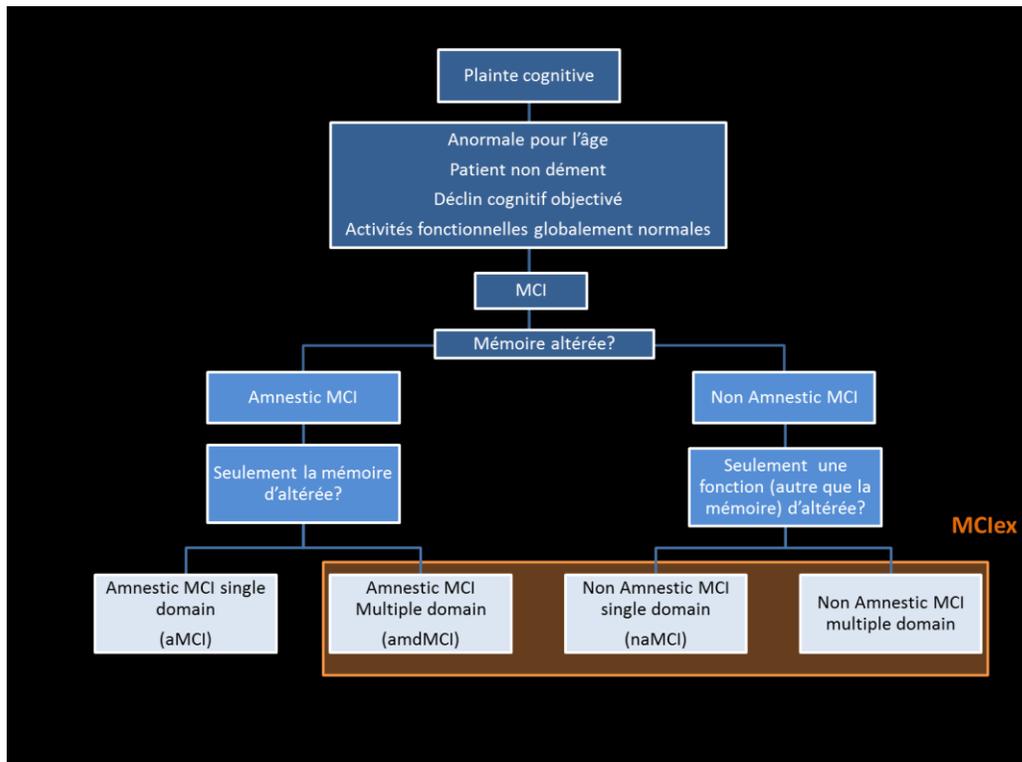
1.3. Caractéristiques des profils MCI

Cette hétérogénéité pourrait provenir d'une difficulté à cerner l'ensemble des troubles qui affecte les sujets MCI. En effet, la création de ce concept répond à l'observation de profils cognitifs aux capacités diminuées. Sa définition se base donc exclusivement sur des signes cliniques cognitifs. Cependant, il apparaît que ces sujets présentent, en plus des diminutions cognitives, des troubles associés à d'autres domaines.

1.3.1. Caractéristiques cognitives des sujets MCI

Afin de mieux connaître les différents profils MCI et de proposer un parcours plus clair de diagnostic, la littérature s'est portée sur la nature des troubles cognitifs régulièrement observés au sein de cette population (e.g., Petersen, 2004 ; Petersen et al., 2001 ; Winblad et al., 2004). L'apport théorique de ces études a permis de dégager une classification, laissant place à des sous-types de MCI.

La précision du concept de MCI commence par Petersen et al. (2001) qui distinguent différentes atteintes cognitives : des troubles mnésiques isolés, ou l'altération d'une seule fonction cognitive (i.e., langage, praxies, fonctions exécutives, troubles visuo-spatiaux) ou l'atteinte de plusieurs domaines cognitifs (e.g., mnésique et langage). Malgré ce nouvel ajustement, les mises à jour se poursuivent.



Winblad et al. (2004), ainsi que Petersen (2004) proposent de catégoriser les MCI de la manière suivante : (a) amnésique domaine unique « aMCI » (i.e., trouble mnésique isolé), (b) domaines multiples avec trouble mnésique « amdMCI » (i.e., atteinte de plusieurs fonctions cognitives dont les fonctions exécutives, et la mémoire), (c) domaine unique autre que la mémoire « naMCI » (i.e., atteinte d'une fonction cognitive autre que la mémoire) et (d) domaines multiples sans trouble mnésique « namdMCI » (i.e., atteinte de plusieurs fonctions cognitives, excepté la mémoire) (Figure 2). Par souci de précision dans l'identification, nous avons souhaité garder au sein du schéma les termes retrouvés dans la littérature (i.e., langue anglaise).

D'après cette classification, il existerait donc différentes atteintes cognitives. Parallèlement aux troubles mnésiques, les auteurs ont remarqué l'existence de déficiences exécutives et attentionnelles chez les profils MCI. Nous avons regroupé ces profils sous le terme des MCIex (Figure 2). Ceux-ci peuvent correspondre au profil « amdMCI » (i.e., avec atteinte de plusieurs fonctions cognitives dont les fonctions exécutives et la mémoire), « naMCI » (i.e., avec une atteinte des fonctions exécutives uniquement) et « namdMCI » (i.e., atteinte de plusieurs domaines cognitifs y compris des fonctions exécutives et excepté la mémoire). L'atteinte exécutive des profils MCI est diagnostiquée suite à des résultats diminués dans les tests neuropsychologiques évaluant l'attention, la flexibilité mentale, d'inhibition et/ou le raisonnement

(e.g., Petersen, 2004). Elle apparaît comme importante à prendre en compte étant donné ses impacts variés dans le fonctionnement courant (e.g., Taconnat & Lemaire, 2014 ; Wadley, Okonkwo, Crowe, & Ross-Meadows, 2008). Par conséquent, leur altération sous-tend l'existence de difficultés dans les actions de vie quotidienne.

Même si à l'heure actuelle, le diagnostic clinique des personnes MCI repose sur des critères purement cognitifs (e.g., Petersen, 2004 ; Winblad et al., 2004), on distingue, en plus de ces troubles, d'autres altérations cliniques associées, portant sur les dimensions psychologiques et physiques.

1.3.2. Caractéristiques non cognitives des sujets MCI

1.3.2.1. Troubles psychologiques

L'atteinte de détresse psychologique peut être observée chez presque la moitié des individus diagnostiqués MCI (e.g., Feldman et al., 2004 ; Geda, Knopman, Mrazek, et al., 2006 ; Modrego & Ferrández, 2004 ; Palmer et al., 2007). Du fait de la prise de conscience de leurs troubles cognitifs, les personnes MCI expriment une source majeure de soucis qui engendre une détérioration de la qualité de vie⁴ (e.g., Gates, Valenzuela, Sachdev, & Singh, 2014 ; Teng, Tassniyom, & Lu, 2012) et une plus grande proportion d'altération de l'humeur, comme la dépression (e.g., Apostolova & Cummings, 2008 ; Lyketsos et al., 2002 ; Winblad et al., 2004). En effet, la prévalence de personnes atteintes de dépression chez les MCI est plus importante que dans la population âgée (e.g., Van der Mussele et al., 2013). La possibilité de comparer les études antérieures qui ont traité la relation entre la dépression et l'atteinte MCI est limitée en raison de l'utilisation de critères diagnostics et d'échelles de dépression différents (Defrancesco, Marksteiner, Deisenhammer, Hinterhuber, & Weiss, 2009 ; Hazif-Thomas, Reber, Bonvalot, & Thomas, 2005 ; Wilson, De Leon, Bennett, Bienias, & Evans, 2004). Ces études ont cependant révélé qu'il existe une association entre l'atteinte MCI et la dépression, qui mène à un résultat clinique d'aggravation de la dépression et suggérant aussi une progression plus rapide des déclin cognitifs avec l'apparition de troubles dépressifs.

⁴ D'après l'OMS (1994), la qualité de vie est un concept multidimensionnel souvent structuré autour de 4 dimensions : la santé et les capacités physiques, les émotions et les capacités cognitives, les relations sociales, et le statut économique.

1.3.2.2. Troubles de la marche

Une importante littérature est consacrée aux troubles de la marche des personnes MCI. Il semble, d'après plusieurs travaux, que ces personnes montrent des altérations de la marche à allure naturelle et en situation de double tâche (e.g., Allan, Ballard, Burn, & Kenny, 2005 ; Gillain et al., 2009 ; Verghese et al., 2008). Ces altérations sont intéressantes à prendre en compte étant donné qu'elles vont avoir des conséquences sur les capacités motrices et fonctionnelles des personnes âgées telles que l'accroissement du risque de chute (Delbaere et al., 2012 ; Menant, Schoene, Sarofim, & Lord, 2014 ; Montero-Odasso, Verghese, Beauchet, & Hausdorff, 2012).

1.3.2.2.1. En simple tâche (i.e., allure naturelle)

1.3.2.2.1.1. Caractéristiques

L'altération de la marche est une caractéristique commune aux sujets ayant des troubles cognitifs (e.g., Allan et al., 2005 ; Gillain et al., 2009 ; Verghese et al., 2008). Au sein de la population MCI, la baisse des performances de marche à allure naturelle s'illustre principalement par une diminution de la vitesse de marche et une augmentation de la variabilité du pas en simple tâche par rapport aux sujets âgés normaux (e.g., Allali et al., 2010 ; Al-Yahya et al., 2011 ; Bruce-Keller et al., 2012 ; Doi et al., 2014 ; McGough et al., 2011). Dans ce sens, certains auteurs défendent que si la vitesse de marche d'une personne âgée diminue, l'individu aurait plus de risque de présenter les signes cliniques d'une atteinte cognitive MCI ou de démence (e.g., Buracchio, Dodge, Howieson, Wasserman, & Kaye, 2010 ; Verghese, Wang, Lipton, Holtzer, & Xue, 2007). Néanmoins, ces résultats ne sont pas partagés par tous. D'autres auteurs ne trouvent pas de différence significative au niveau de la vitesse de marche entre les sujets MCI et les personnes âgées saines (e.g., Pettersson, Olsson, & Wahlund, 2005) et entre les sujets MCI et les patients Alzheimer (Eggermont et al., 2010).

1.3.2.2.1.2. Mécanismes sous-jacents

Pour expliquer, en partie, la diminution des performances de marche des personnes MCI, la littérature se base sur l'hypothèse d'implication des fonctions exécutives dans les mécanismes cognitifs de la marche. D'après les revues de littérature d'Allali et al. (2010) et d'Al-Yahya et al. (2011), l'altération des performances de marche des sujets MCI serait due à la diminution cognitive majorée et plus précisément au dysfonctionnement exécutif. Ainsi, l'étude de McGough

et al. (2011) met en évidence que la marche à allure naturelle et le score du TUG sont associés aux fonctions exécutives à travers le test du TMT B et la condition interférence du test de Stroop chez les personnes MCI. Parmi l'ensemble des profils MCI, Doi et al. (2014) ont cherché à séparer leur population d'étude en sujets atteints de aMCI (n=191) et naMCI (n=198). Avec le même type de design méthodologique que l'étude précédente, les auteurs ont mis en évidence un lien entre les scores du TMT B et la vitesse de marche en simple tâche, uniquement chez les naMCI. Ces résultats confirment premièrement le lien entre la vitesse de marche et les fonctions exécutives. Deuxièmement, ils soulignent la spécificité des atteintes cognitives des sous-types MCI sur les troubles de marche associés.

Par voie de conséquence, il semblerait d'après ces deux études que les altérations de la marche soient plus marquées chez les sujets MCI ayant des atteintes exécutives (e.g., Doi et al., 2014 ; McGough et al., 2011). Autrement dit, ces résultats montrent l'influence des fonctions exécutives dans les performances de marche. Pour expliquer ces résultats, on peut émettre l'hypothèse qu'il existe des processus cognitifs communs entre les tâches exécutives responsables des actions purement cognitives et les tâches motrices de marche. Par conséquent, si des tâches cognitives sont effectuées en même temps que des tâches de marche, (situation de double tâche cognitivo-motrice), on peut supposer l'apparition d'interférences.

1.3.2.2.2. En double tâche cognitivo-motrice

1.3.2.2.2.1. Précisions méthodologiques

Les évaluations en « double tâche » renvoient à deux objectifs. Tout d'abord, elles peuvent correspondre à un support méthodologique utilisé, ici, pour mettre en évidence l'implication de processus cognitifs dans l'action motrice de la marche (Figure 3). Cette méthodologie consiste à effectuer chaque tâche indépendamment (i.e., en simple tâche), avec une mesure de la performance pour chacune. Ensuite, les sujets sont invités à faire les deux tâches simultanément. Les conséquences de la charge cognitive se traduisent par une modification des paramètres spatiotemporels de marche ou une diminution de la performance de la tâche cognitive. Le paradigme de la double tâche permet donc de déterminer le coût attentionnel d'une tâche à travers l'observation d'altérations.

Ensuite, les évaluations en double tâche sont aussi employées pour représenter en laboratoire des situations proches des activités de vie quotidienne, qui impliquent la performance simultanée

de deux ou plusieurs tâches cognitives et/ou motrices (e.g., Kemper, Herman, & Lian, 2003 ; Yogev-Seligmann, Hausdorff, & Giladi, 2008), comme par exemple, marcher et parler ou faire du vélo d'appartement et regarder la télé. Plusieurs types de double tâche existent, nous ne nous intéresserons dans ce travail qu'aux doubles tâches impliquant la réalisation simultanée d'une tâche cognitive et d'une tâche motrice, appelées doubles tâches cognitivo-motrices. Les situations de double tâche cognitivo-motrice seront considérées tout au long de ce manuscrit comme des évaluations pouvant tester des capacités fonctionnelles de marche, étant donné qu'elles sont considérées comme des situations de déplacements analogues à celles de la vie quotidienne.

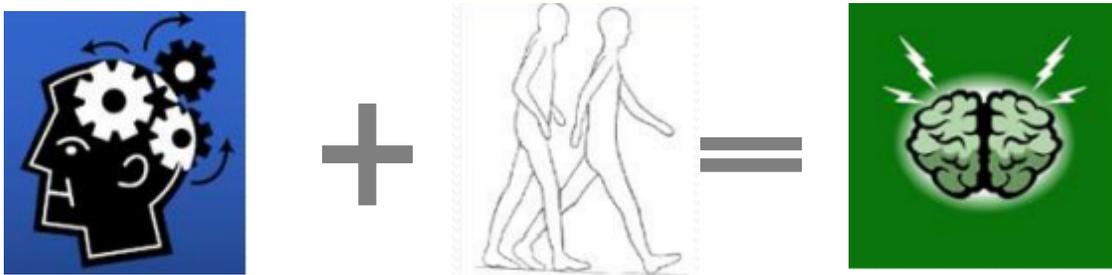


Figure 3. Illustration graphique du paradigme de la double tâche, issue de Perrochon, 2012.

1.3.2.2.2. Caractéristiques

Les études qui traitent des performances de marche en double tâche des sujets MCI sont très récentes (Al-Yahya et al., 2011 ; Doi et al., 2014 ; Gillain et al., 2009 ; Manuel Montero-Odasso, Casas, et al., 2009 ; Manuel Montero-Odasso et al., 2012 ; Manuel Montero-Odasso, Wells, Borrie, & Speechley, 2009 ; Muir et al., 2012 ; Persad, Jones, Ashton-Miller, Alexander, & Giordani, 2008 ; Taylor, Delbaere, Mikolaizak, Lord, & Close, 2013 ; Theill, Martin, Schumacher, Bridenbaugh, & Kressig, 2011 ; Tseng, Cullum, & Zhang, 2014). En synthétisant les conclusions de l'ensemble de ces différentes études, il apparaît que les sujets MCI ont tendance à ralentir leur vitesse et à augmenter la variabilité de leur marche lors de tests en double tâche par rapport aux personnes âgées saines.

Lorsque les études comparent les performances d'un groupe de personnes âgées saines au regard de celles d'un groupe de personnes MCI sur des marches en double tâche, les paramètres vitesse (e.g., Muir et al., 2012 ; Tseng et al., 2014) et variabilité (Montero-Odasso et al., 2012 ; Muir et al., 2012) présentent des résultats significativement moins bons dans les groupes de sujets MCI. Cependant, ces travaux ne font pas l'unanimité au sein de la littérature, car ils ne portent

que sur des profils aMCI, qui ne présentent aucun trouble exécutif. Par conséquent, nous pouvons nous interroger sur l'existence de troubles spécifiques de la marche chez les sujets MCI non amnésic.

En effet, tous les types de MCI ne semblent pas être affectés de la même manière par les exercices en double tâche, puisque d'après les travaux de Persad et al. (2008) et Perrochon et al. (2013), les performances de marche des sujets aMCI ne diffèrent pas de celles des personnes âgées saines sur des tests de double tâche. Ces tests consistent à reproduire en situation de marche les évaluations conventionnelles du test de Stroop (i.e., Word Stroop Carpet ; Perrochon, Kemoun, Watelain, & Berthoz, 2013) et du test Trail Making (Walking Trail Making Test ; Persad et al., 2008). Ces résultats pourraient apparaître en contradiction avec les études de Tseng et al. (2014) et Muir et al. (2012) si la nature des tâches cognitives avait été la même. Or les études de Tseng et al. (2014) et Muir et al. (2012) mettent en place des tâches cognitives plus conventionnelles à caractère attentionnel (e.g., soustraction par 1) et de mémoire de travail (e.g., soustraction par 7). De plus, les études de Persad et al. (2008) et Perrochon et al. (2013) présentent leurs tests de marche comme des tests de double tâche, or la méthodologie de ces tests pourraient plutôt correspondre à des situations de marche complexe (i.e., étant donné que la tâche cognitive demandée est en continuité avec la bonne réussite de la tâche de marche). Ces marches complexes semblent donc moins coûteuses en demande attentionnelle que les tests de double tâche de Tseng et al. (2014) et Muir et al. (2012) car elles ne mettent pas en évidence de différence entre les profils cognitifs. En revanche, ces différences mettent en lumière le trouble majoré des sujets MCI non amnésic, lorsque les tâches cognitives mises en jeu dans les marches complexes sollicitent les fonctions exécutives. Ce ne seraient donc pas les fonctions mnésiques qui joueraient un rôle dans les performances motrices de double tâche mais plutôt le fonctionnement exécutif.

1.3.2.2.2.3. Mécanismes sous-jacent

Pour expliquer la diminution des performances en situation de double tâche des personnes MCI, la littérature se base sur le principe d'interférence de mêmes processus cognitifs, comme l'attention et les fonctions exécutives, provoqué lors de situations de double tâche (e.g., Beauchet & Berrut, 2006). L'étude de Beauchet & Berrut (2006) propose deux explications. La première porte sur l'insuffisance de capacité attentionnelle et formule l'hypothèse que la quantité de

réserve attentionnelle serait limitée. Par conséquent, lors de la réalisation des doubles tâches, la quantité d'attention allouée à chaque tâche pourrait ne pas être suffisante. Il apparaîtrait donc une diminution des performances.

La deuxième explication impliquerait le déficit des fonctions exécutives dans les stratégies de partage attentionnel (Hausdorff, Schweiger, Herman, Yogev-Seligmann, & Giladi, 2008 ; Mazaheri et al., 2014 ; Sheridan & Hausdorff, 2007 ; van Iersel, Kessels, Bloem, Verbeek, & Rikkert, 2008 ; Yogev-Seligmann et al., 2008). Il semblerait que la diminution des performances en double tâche serait liée à des stratégies d'allocation moins efficaces. La littérature dans ce champ étant presque inexistante, cette hypothèse reste marginale. Mazaheri et al. (2014) ont examiné l'influence du vieillissement et des fonctions exécutives sur les coûts attentionnels de marche sous demandes cognitives différentes. Trois groupes, des jeunes adultes ($n = 15$) et des adultes âgés avec des performances hautes ($n = 16$) et basses ($n = 10$) aux fonctions exécutives, ont marché sur un tapis de marche dans trois conditions : marche simple, marche sur des cibles régulières et irrégulières. Les résultats de cette étude montrent, à travers l'observation du temps de réaction, une augmentation des coûts attentionnels liés à l'âge lors de la marche simple. Pour la bonne réalisation de la marche sur cibles, la quantité d'attention supplémentaire allouée est plus petite dans le groupe des adultes âgés, et plus particulièrement dans celui ayant eu des résultats de performances basses aux tests des fonctions exécutives, comparée au groupe des jeunes adultes. Par conséquent, ces résultats mettent en évidence l'existence d'une association entre les performances diminuées des fonctions exécutives et l'augmentation du coût attentionnel en double tâche chez les personnes âgées (Mazaheri et al., 2014). Ainsi, de mauvaises performances aux tests neuro-psychologiques des fonctions exécutives pourraient être à l'origine de mauvaises stratégies d'allocation des ressources attentionnelles.

Ces précédentes observations soulignent l'implication transversale des fonctions exécutives dans la cognition et la marche. En effet, la diminution des performances exécutives, retrouvées chez les sujets MCIex, aurait une incidence négative sur les capacités de marche de ces profils. Il apparaît donc que l'atteinte cognitive, critère principal et probablement précurseur du diagnostic MCI actuel, ne soit pas le seul facteur à prendre en compte lors d'études sur les caractéristiques des personnes âgées MCI et spécialement celles atteintes de troubles exécutifs.

Les récentes observations de ces troubles associés pourraient participer au développement de nouveaux profils MCI. En effet, le profil MCI semble tendre vers l'ajout de nouveaux critères moteurs pour mieux détecter les profils et leurs devenir (e.g., Allali et al., 2010 ; Hausdorff & Buchman, 2013 ; Perrochon, Kemoun, & Dugué, 2014 ; Verghese, Wang, Lipton, & Holtzer, 2013). Récemment, Verghese et al. (2013) ont proposé une nouvelle approche clinique pour définir un trouble MCI, dans laquelle une réduction de performance de marche chez ces sujets serait associée à un risque élevé de conversion en démence. Dans le but d'améliorer la détection de démence par l'évaluation de déficit moteur, le profil du « Motoric Cognitive Risk » (MCR), décrit par ces auteurs, apparaît donc comme prometteur (Verghese et al., 2014 ; Verghese et al., 2013).

1.3.3. Intérêts des sujets avec atteintes exécutives (MCIex)

Parmi l'ensemble des profils MCI, les sujets présentant une atteinte exécutive attirent notre attention. Deux arguments justifient cet intérêt. Le dysfonctionnement exécutif serait la cause, d'une part, de difficultés dans la vie de tous les jours, et d'autre part, d'une augmentation des risques de comorbidité et de démence.

Tout d'abord, d'un point de vue purement cognitif, l'atteinte des fonctions exécutives engendre des conséquences sur la bonne réussite des activités de vie quotidienne. En effet, l'adaptation ou l'inhibition de réponses inappropriées font partie des tâches imputables aux fonctions exécutives et garantissent un comportement adapté (Reinvang, Grambaite, & Espeseth, 2012). Par ailleurs, d'un point de vue moteur, les processus exécutifs semblent impacter les performances de marche en simple et double tâche, et majorer leurs troubles. Cela correspond à des difficultés concrètes dans les actions écologiques telles que faire ses courses, ou traverser la rue. L'apparition des troubles exécutifs semble donc particulièrement handicapante pour les sujets MCI dans leur vie quotidienne actuelle et future.

Parallèlement, les altérations motrices de la marche sont connues pour être en lien avec l'apparition de diverses comorbidités telles qu'un risque de conversion vers la démence plus important (Montero-Odasso, Casas, et al., 2009) et un risque accru de chute (e.g., Menant et al., 2014 ; Taylor et al., 2013). En effet, l'existence d'une atteinte exécutive chez les personnes MCI impacte sur le risque de conversion en maladie d'Alzheimer (e.g., Albert, Blacker, Moss, Tanzi, & McArdle, 2007 ; Reinvang et al., 2012 ; Royall et al., 2007). L'apparition de ces troubles

semble augmenter le risque de conversion en maladie d'Alzheimer (Tabert , Manly , Liu, et al., 2006). L'étude de Gomar et al. (2011) permet de confirmer ces observations. Les auteurs de ce travail ont constaté qu'un test exécutif couplé à un score de capacités fonctionnelles prédisent à deux ans de manière plus fiable que les biomarqueurs, la conversion d'un état encore indéterminé à la maladie d'Alzheimer (Gomar et al., 2011). Par conséquent, au sein des profils MCI, les risques de conversion en démence semblent particulièrement élevés pour les sujets MCIex.

Ainsi les personnes atteintes de MCIex s'avèrent être des profils particulièrement à risques tant dans le maintien de leur autonomie que dans le risque de développer des maladies neuro-dégénératives graves et incurables (i.e., démence Alzheimer). Au vu de ces considérations, il apparaît primordial de proposer une prise en charge répondant de manière ciblée à leurs déficits.

Au-delà de l'observation du vieillissement à risque des sujets MCIex, certaines personnes âgées conservent une vitalité cognitive de qualité et durant de longues années. La constatation de l'existence de ces personnes âgées, cognitivement très performantes, induit l'existence de facteurs pouvant moduler les effets du vieillissement. L'étude du maintien de la vitalité cognitive lors du vieillissement, qui rassemble plusieurs notions (e.g., vieillissement réussi, enrichissement cognitif, plasticité cérébrale) entraîne des questionnements sur les potentiels d'améliorations des personnes âgées y compris celles atteintes de MCI. En effet, est ce que les troubles cognitifs, avec leurs incidences motrices peuvent être atténués ? Quels sont les modérateurs du vieillissement cognitif les plus pertinents à leur proposer ? Dans cette perspective, nous allons nous orienter vers des travaux qui ont comme objectif d'explorer les éléments permettant de favoriser un vieillissement réussi.

2. LES FACTEURS MODÉRATEURS DU VIEILLISSEMENT COGNITIF

La finalité des modérateurs pour les personnes MCI diffère légèrement de chez les personnes âgées saines. Chez ces dernières, qui ont par définition des capacités cognitives normales pour leur catégorie d'âge, le maintien de la vitalité cognitive permet d'optimiser la réserve cognitive au cours de leur vie quotidienne, afin de les préserver de la dépendance. Chez les personnes MCI, l'enjeu n'est plus simplement d'optimiser mais plus précisément d'améliorer la réserve cognitive

en difficulté, pour espérer reculer la conversion en démence et/ou retrouver un vieillissement cognitif de type usuel.

2.1. La réserve cognitive

Lors d'un vieillissement cognitif pathologique, les variations individuelles des performances pourraient être expliquées, en plus de l'avancée en âge, par une différence dans les ressources cognitives, ou réserve cognitive, liée à l'histoire personnelle de chacun. Le concept de réserve a émergé suite à la constatation qu'il n'existe pas de lien direct entre le degré de la pathologie cérébrale et l'importance de ses manifestations cliniques. Dans cette perspective, il existerait une réserve cognitive, plus ou moins importante suivant les individus, qui nous protégerait du passage vers la démence (pour revue, La Rue, 2010 ; Stern, 2006). La « quantité » de cette réserve dépend de facteurs dits statiques (i.e., réserve cérébrale), comme la quantité de neurones ou de connexions disponibles et de facteurs dits dynamiques comme le style de vie (Marioni, Chatfield, Brayne, Matthews, & Medical Research Council Cognitive Function and Ageing Study Group, 2011), le niveau d'éducation (e.g., Evans et al., 1993 ; Farmer, Kittner, Rae, Bartko, & Regier, 1995), le syndrome dépressif (Thoma et al., 2011), et les performances physiques (Liu-Ambrose, 2010). Initialement, Katzman et al. (1989) ont décrit le cas de huit femmes âgées qui ne présentaient pas de signe de détérioration cognitive, mais dont l'examen cérébral post-mortem attestait d'un stade avancé de la maladie d'Alzheimer. Leur hypothèse était que les femmes ne présentaient pas de manifestation clinique de la maladie car la taille de leur cerveau était plus élevée que la moyenne. Cette observation a donné naissance à la théorie de la réserve cognitive qui postule qu'à atteinte cognitive identique, le degré d'avancement de la maladie d'Alzheimer (i.e. l'atteinte cérébrale) est plus important chez les patients ayant une réserve cognitive élevée que chez ceux ayant une réserve cognitive faible. Les travaux de Kalpouzos, Eustâche, & Desgranges (2008) se sont aussi intéressés à ce domaine et présentent un graphique pour illustrer ce concept (Figure 4 ; Kalpouzos et al., 2008).

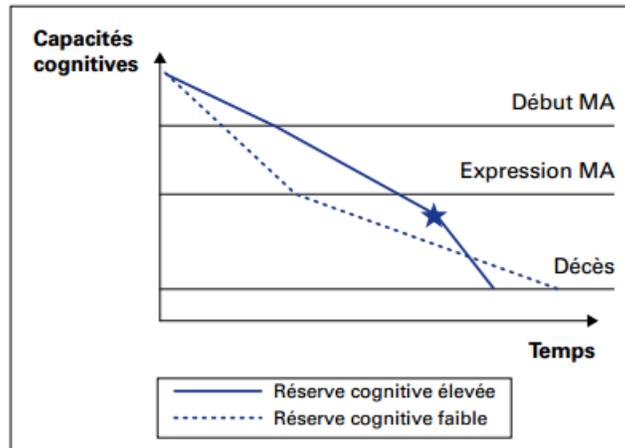


Figure 4. Évolution de la maladie d'Alzheimer en fonction de la quantité de réserve cognitive (issue de Kalpouzos, Eustâche & Desgranges, 2009).
L'étoile indique le seuil critique à partir duquel le déclin des fonctions cognitives du patient avec une réserve cognitive élevée va s'accélérer.

Les personnes avec une réserve cognitive élevée sont en mesure de compenser les conséquences de la maladie plus longtemps ; ainsi, l'expression clinique apparaît à un stade plus avancé, stade à partir duquel le déclin va s'accélérer. Par conséquent, un environnement enrichi par des styles de vie bénéfiques pour la santé cognitive pourrait influencer la réserve cognitive dynamique et aurait par conséquent une incidence sur l'expression de la maladie démentielle (pour revue, Bastin et al., 2013 ; Stern, 2006). Cette hypothèse ne peut être émise sans évoquer l'existence de la plasticité cérébrale. D'après Rowe et Kahn (1998), ce concept introduit l'existence d'un potentiel d'apprentissage, porteur de maintien des capacités cognitives tout au long de la vie. En effet, même si certaines exigences requises pour bien vieillir sont indépendantes de la volonté des individus, d'autres relèvent de leur responsabilité.

2.2. La plasticité cérébrale et la théorie de l'enrichissement cognitif

2.2.1. La plasticité cérébrale

Au niveau du cerveau, la plasticité est une notion à multiples facettes qui implique la capacité à modifier les neurones et les réseaux neuronaux en réponse à de nouvelles expériences (Greenwood & Parasuraman, 2010). Elle se réfère à la capacité du cerveau à changer de

représentations corticales en fonction des expériences vécues (Baltes & Singer, 2001 ; Kempermann, Gast, & Gage, 2002 ; McKhann, 2002 ; Zöllig & Eschen, 2009).

Dans le domaine de la psychologie, la plasticité cérébrale peut être définie comme la capacité d'apprendre en tirant parti des comportements pratiqués (Baltes, Kühn, Gutzmann, & Sowarka, 1995 ; Baltes, Kühn, & Sowarka, 1992). Autrement dit, c'est la capacité d'acquérir de nouvelles compétences cognitives à partir de comportements de vie (Jones et al., 2006 ; Mercado, 2008). Ces adaptations correspondent au mécanisme de l'apprentissage (Pascual-Leone, Amedi, Fregni, & Merabet, 2005). La Figure 5 propose l'illustration de ce développement individuel au cours de la vie. Les points bleus indiquent une tendance liée au développement cognitif général dans des circonstances classiques. Le fonctionnement cognitif possède alors une marge de développement issue des influences biologiques, comportementales et environnementales, et limitée par des frontières optimales et sous-optimales (zone bleue). Cette malléabilité représente le concept de plasticité cérébrale.

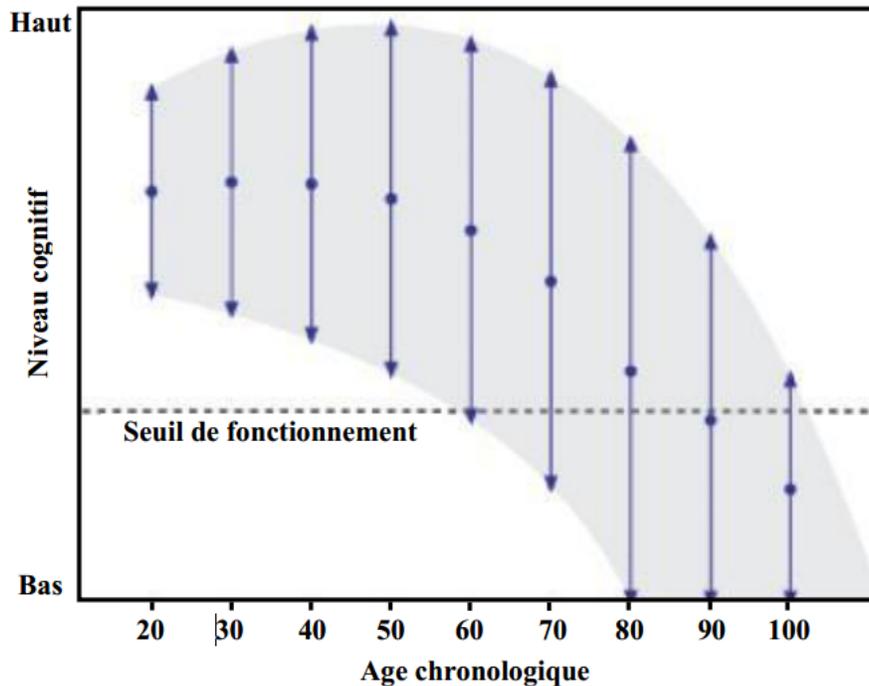


Figure 5. Représentation du potentiel de développement cognitif au cours de la vie pour un individu donné (adaptée de Hertzog, Kramer, Wilson, & Lindenberger, 2009).

La plasticité semble être sous l'influence de différentes contraintes à la fois internes (i.e., développement, maturation, vieillissement, lésions) et externes (i.e., stimulation, enrichissement, substances pharmacologiques). Ainsi, l'existence de profils cognitifs variés dans le processus de vieillissement serait en partie due à l'existence et à l'utilisation ou non de ce potentiel latent d'amélioration qui pourrait être développé par des éléments extérieurs.

2.2.2. L'enrichissement cognitif

Le concept d'enrichissement cognitif se base sur les propriétés de la plasticité cérébrale. L'idée principale est que l'évolution des capacités cognitives d'un individu va être en lien avec ses comportements et ses choix de vie. Cette théorie avance donc que l'ensemble des conduites pratiquées au cours de la vie d'un individu (e.g., activités cognitives, engagement social, exercice physique) aurait un impact positif sur le niveau cognitif lors de l'avancée en âge (e.g., Hertzog, Kramer, Wilson, & Lindenberger, 2008).

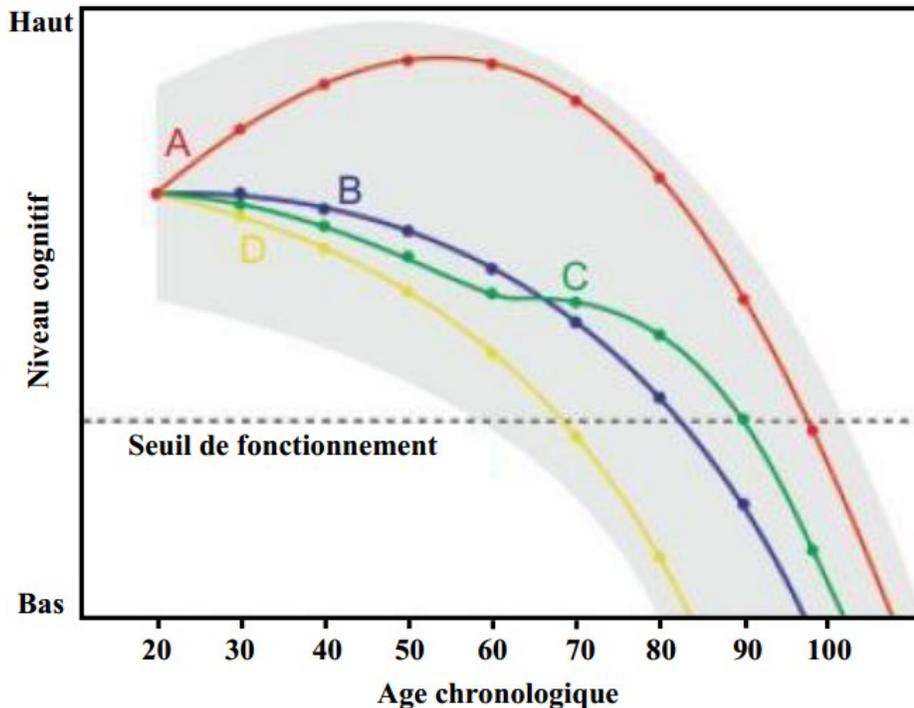


Figure 6. Représentation du potentiel de développement cognitif pour un individu donné selon quatre trajectoires de développement possibles (A, B, C, D)

Impulsé par les travaux de Denney, (1984) et Baltes et al. (e.g., Baltes, 1987 ; Baltes & Labouvie, 1973 ; Baltes, Lindenberger, & Staudinger, 2007), ce concept s'illustre principalement à travers quatre trajectoires développementales. Celles-ci reflètent l'évolution des capacités cognitives tout au long de la vie (Figure 6). La trajectoire de développement A présente un profil cognitif optimisé, proche des performances maximales possibles lors du développement de l'individu. Elle reflète des conduites bénéfiques aux capacités cognitives. À l'inverse, la courbe de développement D correspond à une trajectoire de vie aux comportements mal adaptés, menant à un déclin rapide et accentué au cours de la vie. Au milieu, se trouvent les deux trajectoires centrales (B et C) de cette figure, qui désignent le cœur du concept de l'enrichissement cognitif à l'image d'un style de vie modérément optimal. Même si ces courbes présentent des trajectoires normales du vieillissement, leur incurvation peut être plus ou moins importante selon le vieillissement cognitif propre à chacun.

Alors que la courbe B symbolise les déclinés graduels et usuels du fonctionnement cognitif au cours du vieillissement normal, la trajectoire C révèle la capacité de l'individu à s'adapter et à compenser les changements des mécanismes de la cognition. Cette dernière illustre la possibilité d'améliorer, d'influencer le vieillissement et ce, même à un âge avancé. Cette observation permet donc de valoriser la mise en place de nouveaux comportements plus riches en terme qualitatif et quantitatif de stimulations, lesquels emmèneraient l'individu vers un maintien ou même une amélioration de ses capacités. L'amélioration du fonctionnement cognitif est donc possible si l'individu adopte une conduite stimulante. De plus, l'observation au long cours de la trajectoire suggère l'influence à terme sur les capacités fonctionnelles. En effet, au regard du seuil de fonctionnement, elle permet d'entrevoir des améliorations qui auront pour conséquence à long terme de protéger l'individu du vieillissement cognitif et de reculer le passage dans la dépendance.

L'ensemble de ces trajectoires de développement est à analyser de manière hypothétique. Elles se présentent comme des illustrations simplifiées de la structure du concept de l'enrichissement cognitif, notamment parce qu'elles ne tiennent pas compte des différences intra-individuelles au cours du développement cognitif (Ram, Rabbitt, Stollery, & Nesselroade, 2005).

Ce concept place les choix des individus au cœur de leurs responsabilités, et ce même à un âge avancé. Par conséquent, ce dernier élément sous-tend que, quel que soit son niveau cognitif existant, il est possible d'influencer ses capacités futures. Ainsi, l'enrichissement cognitif

transmet l'idée que les trajectoires cognitives liées au développement au cours de la vie ne sont pas nécessairement fixes et stables, mais peuvent être influencées et modifiées par des événements et des comportements, quelles que soient les capacités cognitives. Les modérateurs du vieillissement cognitif font référence à ces stratégies d'adaptation, et correspondent aux facteurs modulant ou influençant le déclin cognitif.

En parallèle, la perspective du « disuse » (Sorenson, 1933) complète la théorie de l'enrichissement cognitif en présentant son versant négatif. Elle prétend que le déclin cognitif associé à l'âge s'explique par un changement dans le type d'activités investies au quotidien avec l'avancée en âge. Les individus auraient tendance à ne pas solliciter suffisamment leurs processus cognitifs. Cette sous-utilisation, connue sous l'expression « use it or lose it » aurait pour conséquence une diminution d'efficacité de ces procédés (Christensen et al., 1996 ; Christensen & Mackinnon, 1993 ; Mackinnon, Christensen, Hofer, Korten, & Jorm, 2003). Le déclin cognitif pourrait donc être également expliqué par un moins grand investissement dans les activités stimulantes cognitivement (i.e., activités mobilisant fortement les processus cognitifs élémentaires).

2.3. Les modérateurs du vieillissement cognitif

De nombreux travaux se sont intéressés à l'impact des modérateurs des effets de l'âge (Kramer, Bherer, Colcombe, Dong, & Greenough, 2004 ; Newson & Kemps, 2005 ; Wilson et al., 2002). Ils ont observé l'effet des expériences et du style de vie (i.e., comportement) sur le déclin cognitif, à partir du niveau d'éducation (e.g., Anstey & Christensen, 2000 ; Lyketsos, Chen, & Anthony, 1999), des types d'activités physiques pratiquées (e.g., Clarkson-Smith & Hartley, 1989 ; Shay & Roth, 1992 ; Spirduso, 1975), des stimulations cognitives exercées (e.g., Kliegel, Zimprich, & Rott, 2004 ; Salthouse, Berish, & Miles, 2002 ; Wilson, Barnes, & Bennett, 2003), ou encore de la qualification du métier (e.g., Christensen, Henderson, Griffiths, & Levings, 1997 ; Schooler, Mulatu, & Oates, 1999 ; Shimamura, Berry, Mangels, Rusting, & Jurica, 1995). Il en ressort principalement qu'un haut niveau de formation, un emploi engendrant une sollicitation complexe, et/ou la pratique d'une large variété de loisirs stimulants seraient fortement associés à un niveau cognitif performant et, à long terme, ils permettraient de favoriser un meilleur maintien de la vitalité cognitive (e.g., Anstey & Christensen, 2000 ; Arbuckle, Maag, Pushkar, &

Chaikelson, 1998 ; Gold et al., 1995 ; Hultsch, Hertzog, Small, & Dixon, 1999 ; Lyketsos et al., 1999 ; Schooler et al., 1999).

En plus des bienfaits que semblent apporter les modérateurs du vieillissement cognitif, des études se sont intéressées aux effets protecteurs des activités stimulantes (i.e., physiques, cognitives et sociales). Elles ont montré que la pratique de ces activités protégerait contre l'apparition de la démence (Barnes & Yaffe, 2011 ; Barnes, Yaffe, Satiriano, & Tager, 2003 ; Geda et al., 2010 ; Larson et al., 2006 ; Plassman, Williams, Burke, Holsinger, & Benjamin, 2010 ; Podewils, 2005 ; Sofi et al., 2011 ; Weuve et al., 2004). Nous développerons par la suite certaines de ces études.

CONCLUSION DU CHAPITRE

Les caractéristiques personnelles d'un individu, à travers ses expériences et ses trajectoires de vie, modulent fortement les déclin cognitifs et les troubles associés lors du vieillissement (e.g., Hultsch et al., 1999). Parmi l'ensemble des modérateurs (e.g., activité physique, entraînement cognitif, type d'emploi, éducation), la pratique d'activité physique et les entraînements cognitifs présentent des perspectives particulières.

L'intérêt croissant porté à ces deux modérateurs engendre la publication de nombreuses études. Ces deux types d'interventions font donc référence de par le nombre très important de travaux menés dans le domaine des modérateurs du vieillissement cognitif (e.g., Albinet, 2004 ; Hillman, Kramer, Belopolsky, & Smith, 2006 ; Kelly et al., 2014). À tel point qu'ils sont aujourd'hui considérés comme des éléments majeurs des programmes d'optimisation de la santé notamment aux yeux de l'Organisation des Nations Unies (ONU) et de l'OMS. De plus, en 2009, la Haute Autorité de Santé (HAS) a identifié ces deux types de modérateurs au sein des « Interventions non médicamenteuses à visée individuelles, immédiates et retardées » dans le rapport « La maladie d'Alzheimer et maladies apparentées : prise en charge des troubles du comportement perturbateurs ». L'HAS indique que ces modérateurs peuvent être bénéfiques chez certains patients atteints de troubles cognitifs « à certaines périodes de leur évolution, particulièrement sur l'adaptation à la vie quotidienne et les troubles du comportement [...] et qu'ils peuvent être efficaces à visée préventive » (HAS, 2009, p. 11).

De plus, les recherches actuelles s'orientent vers ces modérateurs car ils peuvent aussi répondre à l'inactivité des personnes âgées et à la sous sollicitation cognitive dont elles souffrent

(e.g., Paterson, Jones, & Rice, 2007), ces deux comportements étant identifiés d'après l'Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale (i.e., Inserm) comme des facteurs de risques dans l'apparition de la maladie d'Alzheimer.

Par conséquent, les programmes d'activité physique et d'entraînement cognitif apparaissent comme les plus pertinents et logiques pour appréhender le vieillissement cognitif et ses conséquences motrices des sujets MCIex (pour revue, Pieramico, Esposito, Cesinaro, Frazzini, & Sensi, 2014).

Résumé chapitre 1

Les personnes atteintes de MCI ont un risque augmenté de développer une démence. Parmi les différents profils de MCI, ceux atteints dans le fonctionnement exécutif présentent des diminutions de performances cognitives, mais aussi motrices, qui pourraient engendrer une limitation plus rapide dans leurs activités de vie quotidienne. Cependant, il existe la possibilité à tout âge de bénéficier de stimulations, telles que l'activité physique et l'entraînement cognitif, qui pourraient ralentir le déclin cognitif.

CHAPITRE 2 – LES BIENFAITS DES PROGRAMMES D’ACTIVITÉ PHYSIQUE ET D’ENTRAÎNEMENT COGNITIF SUR LE DÉCLIN COGNITIF ET DES PERSONNES MCI

Du fait de l’absence de consensus sur la prescription de traitements pharmacologiques à la population MCI (e.g., Aisen, 2008 ; Winblad et al., 2008 ; pour revue, Langa & Levine, 2014), les interventions liées aux styles de vie connaissent un intérêt croissant, notamment celles portant sur l’activité physique et l’entraînement cognitif, avec pour ambition d’apporter des solutions concrètes et immédiates face aux déficits des sujets MCI (Wang et al., 2014).

Toutefois chez cette population, il n’existe à ce jour que de récentes études sur ces types d’interventions ce qui implique un faible recul vis-à-vis des publications ainsi que des conclusions parfois mitigées. Afin d’avoir la vision la plus complète des caractéristiques d’un programme d’intervention efficace, nous avons donc dû élargir notre revue de littérature aux personnes âgées saines. Nous présenterons les effets de programmes d’intervention sur le vieillissement cognitif et ses troubles incidents sur les performances de marche, en abordant en premier lieu les programmes en activité physique puis ceux en entraînement cognitif.

1. LES EFFETS DES PROGRAMMES D’ACTIVITÉ PHYSIQUE SUR LE VIEILLISSEMENT COGNITIF

1.1. Moyens et critères d’évaluations méthodologiques

1.1.1. Introduction aux différents termes liés à l’activité physique

L’activité physique est définie comme tout mouvement corporel produit par la contraction des muscles squelettiques augmentant substantiellement la dépense énergétique de repos (e.g., American College of Sports Medicine, 2006). Le but de l’activité physique est d’améliorer les capacités physiques. Celle-ci se définit par le niveau d’entraînement physique et psychologique minimum nécessaire pour réussir à satisfaire les exigences d’une activité physique donnée. Elle est souvent associée à un indice de santé cardiorespiratoire, la VO_2 max, couramment utilisé dans

les études sur les effets de l'activité physique (e.g., Renaud & Bherer, 2005). L'activité physique est caractérisée dans les études par sa fréquence, son temps pratiqué (i.e., durée) et son intensité. Il existe différentes sortes de pratiques physiques qui engendrent des répercussions diverses parmi les muscles squelettiques (Angevaren, Aufdemkampe, Verhaar, Aleman, & Vanhees, 2008 ; Etnier, Nowell, Landers, & Sibley, 2006). Dans la littérature sur les personnes âgées, il apparaît quatre grandes pratiques physiques : le travail de la souplesse, le renforcement musculaire, le travail moteur (i.e., l'équilibre, la marche, assis/debout) et l'endurance aérobie (Colcombe & Kramer, 2003 ; Etnier et al., 2006).

La littérature n'utilise pas toujours des distinctions évidentes entre activité physique et entraînement physique. Pour des raisons de clarté, il semble important de les définir, tel que le stipulent Caspersen, Powell, et Christenson (1985). Le terme d'activité physique est davantage utilisé dans les études transversales ou longitudinales qui distinguent ou suivent des personnes faisant des activités physiques quotidiennes. Le terme d'entraînement physique ou programme d'activité physique, se réfère pour sa part davantage à une sous-catégorie d'activités physiques qui est planifiée, structurée, répétitive, et qui vise l'amélioration ou le maintien d'une ou de plusieurs composantes de la condition physique. Il est davantage utilisé dans les études d'intervention, dans lesquelles on cherche à améliorer un aspect spécifique de la condition physique (e.g., la santé cardiorespiratoire) afin d'induire des effets bénéfiques spécifiques (e.g., amélioration du fonctionnement cognitif). Ainsi, suivant les caractéristiques des exercices physiques décrits dans les études, nous emploierons les termes de manière appropriée et référente.

Pour mieux cibler les outils de mesures correspondant à nos objectifs, le paragraphe suivant présente les deux grandes méthodes de mesure généralement mises en place dans les études menées sur la pratique d'activités physiques : les mesures subjectives et objectives.

1.1.2. Mesures subjectives et objectives

Une mesure subjective repose sur le jugement subjectif d'un individu confronté au phénomène mesuré. L'illustration de ce type de mesure est le questionnaire. Ce test apporte la vision propre du sujet sur sa pratique d'activité physique durant un temps donné (e.g., les 12 derniers mois ; les 10 dernières années). Il renseigne la nature de l'activité pratiquée, la fréquence et la durée pour quantifier la pratique (e.g., MAQ, Kriska et al., 1990 ; Kriska, 1997). Les mesures subjectives

restent limitées par le caractère auto-rapporté des questionnaires, et par conséquent dépendantes du comportement du participant. Malgré tout, cette mesure permet d'avoir une connaissance du style de vie des participants et ainsi de mieux cibler les profils des sujets souhaités pour le recrutement d'une étude, à savoir par exemple les sujets non actifs ou actifs). Ainsi la quantité d'activité physique est souvent relevée à partir de questionnaires comme le MAQ ou autre (e.g., HLAQ, Kriska et al., 1990), afin dans un deuxième temps de procéder à un partage statistique d'un groupe actif vs non actif. Il est aussi possible d'utiliser en amont ce type de questionnaires afin de n'inclure que des personnes « actives ». Le seuil pour appartenir aux groupes des « actifs » varie suivant les auteurs (e.g., Hillman, Weiss, Hagberg, & Hatfield, 2002 ; Spirduso & Clifford, 1978). Ainsi Spirduso et Clifford (1978) considèrent les personnes actives, celles qui pratiquent trois fois une activité sportive par semaine alors que Hillman, Weiss, Hagberg et Hatfield (2002) présentent des personnes âgées actives comme pratiquant 6.7 heures d'activité aérobique par semaine. Les personnes qui sont en dessous de ce seuil, ne sont pas toujours incluses dans le groupe « non actifs ». Bien souvent, les études dispensent aussi des critères pour leurs participants considérés comme non actifs. Par exemple, l'étude de Spirduso et Clifford (1978) incluent des personnes ayant jamais pratiquées de sports de manière régulière tout au long de leur vie dans le groupe de non actifs, alors qu'Hillman, Weiss, Hagberg et Hatfield (2002) demandent une absence de pratique d'activité aérobie depuis cinq ans.

Les mesures objectives sont des mesures quantifiées sans intermédiaire d'appréciation. Elles s'obtiennent soit par des appareils de mesure, soit par la comptabilisation de faits. Chez les personnes âgées, les mesures doivent être adaptées à leurs capacités sans les limiter (Caillaud & Simar, 2004 ; Simar & Malatesta, 2004).

Pour évaluer les capacités physiques, il est souvent employé, dans la littérature mais aussi dans les consultations médicales, un test d'effort maximal qui permet d'évaluer la consommation maximale d'oxygène du corps (i.e., VO_2 max). La consommation d'oxygène (VO_2) augmente linéairement lors de l'effort, jusqu'à atteindre un plateau maximal où elle se stabilise malgré l'augmentation de l'effort ; c'est la consommation d'oxygène maximale (VO_2 max). La consommation d' O_2 est donc en lien direct avec la production de l'effort. Elle est limitée par la capacité du système cardio-vasculaire à transporter l'oxygène. Certains travaux concernant l'évolution de l'aptitude physique aérobie en fonction de l'âge ont mis en évidence une

diminution de 10% de la VO_2 max par décennie à partir de 25 ans (Hawkins & Wiswell, 2003 ; Heath, Hagberg, Ehsani, & Holloszy, 1981). Ce test fournit donc une information précise, basée sur des mesures physiologiques objectives.

Chez les personnes âgées, il est possible d'évaluer la VO_2 max de manière directe ou indirecte. L'évaluation directe de la consommation maximale d' O_2 s'effectue à l'aide d'ergocycles ou de tapis de marche. Les outils indispensables à la bonne réalisation du test sont un ergospiromètre et un électrocardiographe (complétés d'informations sur la taille, le poids et le taux de masse grasse). C'est une passation complexe et onéreuse difficilement réalisable. Pour pouvoir malgré tout estimer les consommations d' O_2 , il ressort de la littérature des tests d'évaluation sous maximaux de terrains, davantage accessibles et très proches de l'évaluation de laboratoire. Parmi ces tests de terrain, le plus utilisé dans la littérature par sa facilité de mise en place et sa fiabilité de résultat est le Rockport One-Mile test (Kline et al., 1987). Il s'agit d'un test sous-maximal visant à estimer la VO_2 max de manière indirecte, y compris chez des sujets âgés (e.g., Colcombe, Kramer, McAuley, Erickson, & Scalf, 2004 ; Pober, Freedson, Kline, McInnis, & Rippe, 2002 ; Renaud, Maquestiaux, Joncas, Kergoat, & Bherer, 2010). Il consiste à parcourir le plus rapidement possible en marchant la distance d'un mile (soit environ 1609 mètres). Les résultats obtenus sont corrélés à 90% avec la VO_2 max en évaluation directe, reflétant ainsi de façon fiable et valide les capacités cardiorespiratoires du participant (Kline et al., 1987).

Ces deux types de mesures (i.e., subjectives et objectives) permettent d'évaluer de façon complémentaire les aptitudes physiques des personnes âgées.

1.2. Lien entre la pratique d'activité physique et la cognition

Pour mettre en évidence les liens entre la pratique d'activité physique et la cognition des personnes âgées, il existe trois types de méthodologies : transversales, longitudinales, et interventionnelles.

1.2.1. Mise en évidence par une approche transversale

L'approche transversale s'intéresse à comparer les performances de deux échantillons différents à un instant t. Pour étudier l'impact de l'activité physique sur la cognition, il s'agit

d'observer les performances cognitives d'un groupe de personnes âgées inactives par rapport à un groupe de personnes âgées physiquement actives. Une des premières études dans ce champ, l'étude de Spirduso & Clifford (1978), a constaté que les personnes âgées physiquement actives (i.e., activité physique pratiquée trois fois par semaine) étaient significativement plus rapides sur une variété de tests de temps de réaction et de temps de mouvement, que des personnes âgées sédentaires. Dans ce sens, la majeure partie des recherches étudiant l'impact de l'activité physique sur le fonctionnement des personnes âgées relate une influence globalement bénéfique de l'activité physique régulière sur le fonctionnement cognitif, perceptif et moteur des personnes âgées (e.g., Emery, Huppert, & Schein, 1995 ; Etnier et al., 1997 ; Etnier et al., 2001 ; Hillman, Weiss, Hagberg, & Hatfield, 2002 ; McAuley, Kramer, & Colcombe, 2004 ; Spirduso & Clifford, 1978). Plus précisément, des études transversales menées sur la pratique d'activité physique identifient un lien plus fort entre le niveau de pratique et le niveau des fonctions exécutives (Benedict et al., 2013 ; Kramer, 2006; Kramer & Erickson, 2007; Perrot, Gagnon, & Bertsch, 2009).

Les résultats issus de ce type de protocole présentent néanmoins certaines limites. En effet, il est impossible d'affirmer précisément que les tendances observées proviennent exclusivement de l'activité physique pratiquée par les sujets. En effet, d'autres modérateurs, non évalués, peuvent entrer en jeu sans que nous puissions le vérifier.

1.2.2. Mise en évidence par une approche longitudinale

L'approche longitudinale répond à cette limite. En effet, elle a pour but d'étudier un échantillon de population sur une longue période afin de suivre l'évolution des profils (e.g., sédentaire et à risque de démence). Par rapport à notre sujet, elle consiste à examiner de façon longitudinale l'effet de l'activité physique sur le vieillissement de diverses fonctions cognitives.

De nombreuses études longitudinales constatent une corrélation entre le taux d'activité physique et le niveau cognitif des plus de 65 ans (e.g., Albert et al., 1995 ; Barnes et al., 2003 ; Yaffe, Barnes, Nevitt, Lui, & Covinsky, 2001). De plus, elles rapportent le rôle protecteur de l'activité physique sur le risque de développer des troubles cognitifs MCI et de démence (Abbott et al., 2004 ; Hamer & Chida, 2009 ; Larson et al., 2006 ; Laurin, Verreault, Lindsay, MacPherson, & Rockwood, 2001 ; Podewils, 2005 ; Sofi et al., 2011 ; Yaffe et al., 2001). L'étude longitudinale de Larson et al. (2006), a suivi 1740 personnes âgées de plus de 65 ans sans trouble

cognitif pendant 6.2 ans. Les auteurs ont rapporté une incidence de démence réduite pour les individus qui ont pratiqué de l'activité physique trois fois ou plus par semaine (13 par 1000 personnes par année) comparés à ceux qui ont exercé moins de trois fois par semaine (19,7 par 1000 personnes par année), démontrant un risque réduit d'apparition de la démence de 32%. Par ailleurs, dans une méta-analyse récente de 15 études longitudinales (12 cohortes) correspondant à 33816 individus non déments, 3210 participants ont présenté l'apparition de troubles cognitifs durant les douze ans de suivi (méta-analyse, Sofi et al., 2011). Les auteurs de cette étude ont observé que l'activité physique pourrait prévenir l'apparition de déclin cognitif de manière significative. Le classement des niveaux de pratique des participants de ces différentes études apparaît comme compliqué. En effet, les 15 études ne présentent pas le même questionnaire d'évaluation pour la pratique d'activité physique des individus. Certaines études classent suivant le temps de pratique par jour (i.e., < 30 min, entre 30 et 60 min, et > 60 min), d'autres en temps par semaine (> 4h, < 4h) ou d'autres utilisent un partage statistique et enfin, certains ne donnent qu'une valeur subjective « faible, modérée ou haute ». Les auteurs de la méta-analyse ont malgré tout réussi à synthétiser les données en créant trois catégories : individus pratiquant un haut niveau d'activité physique, ceux pratiquant un niveau modéré et enfin un niveau faible. Leurs résultats montrent que les individus pratiquant un haut niveau d'activité physique présentent un risque de déclin cognitif diminué de 38% et ceux pratiquant un niveau modéré à faible d'activité physique présentent aussi un risque diminué de 35 % par rapport aux personnes non actives.

Chez les personnes diagnostiquées MCI, deux études se sont à ce jour intéressées à l'influence des activités de loisirs, y compris de l'activité physique, sur le risque de conversion en démence de ces sujets. L'étude de Grande et al. (2014) a suivi 176 sujets MCI durant 2.6 ans. Ceux-ci ont été évalués tous les 12 mois à travers le test cognitif du Mini Mental State Examination (MMSE) et un questionnaire sur le style de vie portant sur trois dimensions de loisirs : les activités cognitives (e.g., lecture, regarder la télé), les activités physiques (e.g., marche, jardinage), et les activités sociales (e.g., visites d'exposition, voyage). Dans cette étude, le passage dans la démence est illustré par la diminution des points aux tests du MMSE. Les résultats montrent que les participants du tertile le plus actif physiquement, ont un risque de conversion en démence diminué de 64% (Figure 7). Par ailleurs, aucun lien n'a été trouvé entre le niveau d'activités cognitives ainsi que sociales, et le risque de démence. Cette première étude chez les sujets MCI confirme l'importance de l'activité physique dans son rôle de modérateur du vieillissement

cognitif mais aussi dans son rôle de prévention dans le risque de conversion en démence. Une deuxième étude a par la suite confirmé ces premiers résultats, mais avec un suivi durant trois ans et demi (Schlosser Covell et al., 2015).

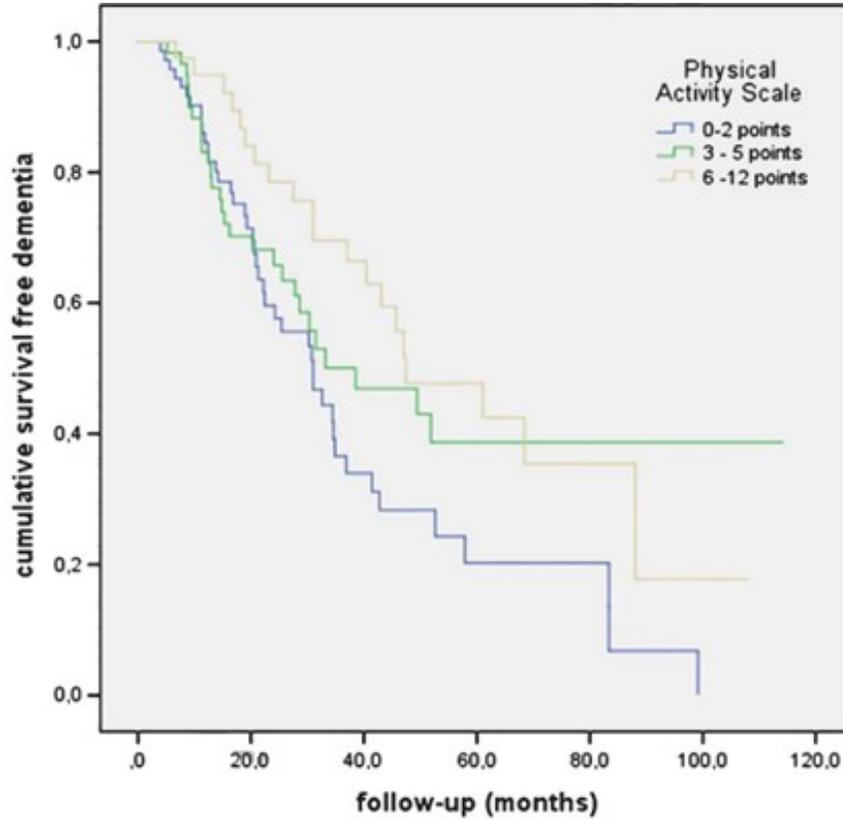


Figure 7. Influence de l'activité physique sur le taux de conversion en démence des personnes MCI, issue de Grande et al. (2014).

Comme les études transversales, les études longitudinales présentent des limites sur la portée de leurs résultats. Elles comportent trois inconvénients principaux : la mortalité expérimentale (i.e., réduction de la taille de l'échantillon initial), l'effet de familiarisation à la tâche (i.e., phénomène d'habitude aux évaluations) et la durée de l'expérience. Même si les approches transversales et longitudinales semblent reconnaître de façon générale qu'un style de vie actif permettrait de ralentir les effets néfastes du vieillissement cognitif, leurs designs méthodologiques n'autorisent pas de considérer cette observation comme un lien de causalité. Pour répondre à ce problème de causalité, le design interventionnel offre une solution.

1.2.3. Mise en évidence par une approche interventionnelle

Les études interventionnelles examinent l'impact d'un entraînement sur les performances des participants et permettent donc un meilleur contrôle des variables et des entraînements pour évaluer leurs effets. Dans la continuité des études transversales et longitudinales chez les personnes âgées, des récentes méta-analyses menées sur les travaux d'intervention présentent des effets significatifs de l'activité physique en faveur des performances cognitives des personnes âgées (e.g., Angevaren et al., 2008).

Ces revues de littérature reconnaissent la pratique d'activité physique comme porteuse de bénéfices non négligeables sur les performances cognitives. Calculées dans ces méta-analyses, les tailles d'effet⁵ sont particulièrement utiles pour comparer les résultats issus de différentes études scientifiques (i.e., Effect Size, ES, Cohen, 1988). Ainsi, pour certains travaux, l'influence de l'activité physique sur la cognition présente des petites tailles d'effet (Angevaren et al., 2008 ; Etnier et al., 2006) là où d'autres travaux présentent un effet modérée (e.g., Colcombe & Kramer, 2003 ; Heyn, Abreu, & Ottenbacher, 2004). Une des raisons pour expliquer ces différences d'effet tiendrait au type de pratique physique. En effet, l'ensemble des pratiques physiques n'engendre pas les mêmes bienfaits sur le vieillissement cognitif. Parmi les grands domaines d'activités physiques des personnes âgées (i.e., le travail de la souplesse, le renforcement musculaire, les capacités fonctionnelles de marche, et l'endurance aérobie), certains programmes apportent plus que d'autres des bénéfices sur les performances cognitives. Pour observer un impact significatif sur la cognition, de récentes revues de littératures mettent en avant l'efficacité des programmes de type aérobie chez les personnes âgées saines et atteintes de MCI (Angevaren et al., 2008 ; Colcombe & Kramer, 2003 ; Etnier et al., 2006 ; Heyn et al., 2004). L'entraînement aérobie est composé d'exercices tels que la marche, la natation et le vélo, et son but est d'améliorer l'endurance cardiorespiratoire ainsi que l'efficacité des systèmes de production d'énergie aérobie (Wilmore & Costill, 2002).

⁵ En statistique, une taille d'effet est une mesure quantitative de la force de l'effet observé.

1.3. Les entraînements aérobies⁶

Depuis une trentaine d'années, de nombreux travaux se sont penchés sur l'impact spécifique d'un programme d'activité aérobie sur les fonctions cognitives (Albinet, Boucard, Bouquet, & Audiffren, 2010 ; Dustman et al., 1984 ; Erickson et al., 2011 ; Hawkins, Kramer, & Capaldi, 1992 ; Hill, Storandt, & Malley, 1993 ; Kramer et al., 2000 ; Renaud et al., 2010). Identifié au sein des études chez les personnes âgées saines comme le programme physique le plus performant sur la cognition, ses bons résultats ont provoqué un récent intérêt pour le mettre en place au sein de la population MCI.

1.3.1. Impacts sur les performances cognitives

Les récentes revues de littérature de Heyn et al. (2004), Teixeira et al. (2012), Gates et al. (2013), et Bherer, Erickson, et Liu-Ambrose (2013), présentent d'une manière générale l'existence de bienfaits de l'activité physique sur les déficits cognitifs des sujets MCI. La méta-analyse de Heyn et al. (2004), composée de 30 essais contrôlés randomisés (2020 participants), a rapporté des effets avantageux de l'activité physique sur la forme physique ($ES = 0.69$) et la cognition ($ES = 0.57$) chez des adultes avec un déficit cognitif (i.e., MCI et démence). Cependant, l'observation plus précise de ces premières conclusions fait apparaître un nombre restreint de travaux dans la population MCI, surtout dans les travaux de Heyn et al. qui ont publié en 2004, soit cinq ans après la première définition du concept de MCI de Petersen et al. (1999). En effet, Bherer, Erickson, et Liu-Ambrose (2013) soulignent ce constat en disant que « les travaux d'intervention sont rares » (Bherer, Erickson, & Liu-Ambrose, 2013, p. 5). Teixeira et al. (2012) présentent deux travaux sur la pratique d'activité physique chez les MCI. Ainsi, étant donné le faible nombre de travaux, l'évidence des effets de l'activité physique sur la cognition des sujets MCI est présente mais limitée. Dans ce sens, la méta-analyse de Gates et al. (2013) met aussi en avant la difficulté d'extraire une tendance, malgré une taille d'effet modérée sur la cognition générale et un impact spécifique des programmes d'exercices aérobies sur la fluence verbale (i.e., fonctions exécutives). Par conséquent, au sein des programmes aérobies, nous

⁶ L'activité physique aérobie est une activité nécessitant l'oxygène comme source d'énergie principale de combustion des sucres. En augmentant l'intensité d'un entraînement aérobie, le corps a besoin d'utiliser plus d'oxygène. C'est pourquoi, la fréquence respiratoire et cardiaque augmente. Il s'agit souvent d'exercices d'endurance telle que la course, le vélo ou la marche rapide.

n'avons identifié à l'heure actuelle que trois études chez les sujets MCI (Baker et al., 2010 ; Nagamatsu, Handy, Hsu, Voss, & Liu-Ambrose, 2012 ; Scherder et al., 2005).

Tout d'abord, l'étude de Scherder et al. (2005), met en place la première étude sur la pratique d'exercices de type aérobie chez 43 sujets MCI. Les auteurs partagent leur échantillon en trois groupes : aérobie (i.e., marche), programme de coordination motrice (i.e., étirements et mobilisation de la main en actif et en passif, exercices actifs de grimaces) et contrôle. Les participants sont conviés à leur entraînement respectif, trois fois 30 minutes par semaine durant six semaines. Les résultats de cette étude montrent une augmentation significative des scores des fonctions exécutives sur le test du Trail Making Test partie A (TMT A) et du Trail Making Test partie B (TMT B), ainsi que sur la catégorisation des noms, en faveur des deux groupes entraînés. La taille d'effet du groupe aérobie est légèrement plus importante que celle du groupe d'entraînement de coordination motrice (i.e., $ES = 0.16$ vs 0.12). Malgré un programme d'activité aérobie à une intensité faible (i.e. marche à allure spontanée), ces premiers résultats tendent à montrer un bénéfice significatif du fonctionnement exécutif. Cependant, la taille d'effet de ce programme est faible. Les performances cognitives ne sont ici pas reliées à des variables physiques, non évaluées au sein de ce protocole.

Par la suite, les travaux de Baker et al. (2010) ont montré que les effets de l'activité physique aérobie étaient plus marqués sur les fonctions exécutives grâce à une amélioration des capacités cardiorespiratoires. Les auteurs ont comparé un programme aérobie (i.e., $n = 19$) à un programme de souplesse (i.e., $n = 10$) chez 29 sujets aMCI (i.e., amnesic MCI). Les deux programmes se déroulent pendant six mois, quatre fois 45 à 60 minutes par semaine. Une seule séance par semaine est coachée par un entraîneur, les trois autres séances sont réalisées au domicile de manière individuelle. Le programme d'activité aérobie consiste à marcher rapidement de 75% à 85% de la fréquence cardiaque de réserve (i.e., intensité forte). Les variables observées sont la VO_2 max, la mémoire par le test du rappel d'histoire et une liste de mots appris, ainsi que les fonctions exécutives par le Symbol-Digit Modalities, le test de fluence verbale, le test de Stroop, et le TMT B. Les résultats de cette étude soulignent que les sujets assignés au groupe aérobie améliorent leurs performances cognitives notamment au niveau des composantes exécutives (i.e., Symbol-Digit Modalities, fluence verbale, Stroop, et TMT B), alors que le groupe souplesse n'améliore aucun de ces tests. Ces améliorations cognitives sont mises en relation avec une amélioration de la VO_2 max des sujets entraînés sous condition aérobie. La taille d'effet des deux

programmes sur les tests exécutifs n'a pas été décrite dans l'article. Par conséquent, nous ne pouvons pas connaître la qualité de l'effet du programme aérobie.

Ces deux études soulignent donc que les sujets MCI assignés au groupe aérobie améliorent leurs performances à plusieurs tâches cognitives, et notamment au niveau des composantes exécutives. Cependant, la seule taille d'effet répertoriée d'un programme aérobie chez des participants MCI est faible. De plus, la troisième étude identifiée de Nagamatsu et al. (2012), n'a pas réussi à mettre en évidence de bienfaits cognitifs à la suite d'un entraînement aérobie. En effet, les auteurs ont cherché à comparer chez 77 sujets MCI, un programme de renforcement musculaire, versus un programme aérobie de marche (i.e., 70 à 80% de la fréquence cardiaque de réserve, intensité forte) versus un programme travaillant la tonification des muscles et l'équilibre. Les entraînements durent deux fois une heure par semaine sur une période totale de six mois. L'attention sélective et la résolution de problème ont été évaluées avant et après le programme. Les résultats montrent des améliorations du test d'attention sélective (i.e., fonctions exécutives) seulement pour le programme de renforcement musculaire. L'explication de ces résultats résiderait d'après les auteurs dans le fait que la moyenne d'âge est plus élevée et que la moyenne du score du MMSE demeure plus basse que pour les deux autres études. De plus, nous avons remarqué que la population d'étude de Nagamatsu et al. (2012) est composée de femmes âgées atteintes d'un « probable » MCI. Par conséquent, nous ne pouvons pas être sûres du profil cognitif des participantes. Elles sont peut-être déjà à un stade plus avancé. Ainsi, même si l'entraînement aérobie semble être un facteur d'amélioration du fonctionnement exécutif, il est encore nécessaire de continuer son évaluation (e.g., Öhman, Savikko, Strandberg, & Pitkälä, 2014).

À la suite de ces observations, et au regard des liens étroits entre les capacités cognitives et les performances de marche des personnes âgées, il nous semble important de présenter brièvement les tendances qui ressortent des études sur l'impact des entraînements aérobie sur les performances de marche des personnes âgées.

1.3.2. Impacts sur les capacités de marche

D'après la revue de littérature de Mian et al. (2007), peu d'études ont examiné l'impact d'un programme aérobie sur les capacités de marche chez les personnes âgées, y compris pour les MCI. Malgré tout, des améliorations de la marche ont été rapportées après des programmes

aérobies de marche à pied conventionnelle (Rooks, Kiel, Parsons, & Hayes, 1997) ou sur tapis (Tsai et al., 2002), de course à pied (Cunningham, Rechnitzer, & Donner, 1986), et de marche couplée à des exercices de step (Sipilä, Multanen, Kallinen, Era, & Suominen, 1996). Ces améliorations se font donc dans le cadre d'une situation de transfert proche de la tâche d'entraînement (i.e., la marche). Par conséquent, il pourrait être intéressant d'étudier les impacts des entraînements physiques de toute nature, sur les variables de marche, d'autant plus que des auteurs soulignent qu'aucune intervention n'a mis en place ce type d'observations (Mian, Baltzopoulos, Minetti, & Narici, 2007). Par conséquent, pour observer des résultats à travers des transferts plus larges, Mian et al. (2007) recommandent de mettre en place des évaluations de marche à la suite des programmes aérobie sur ergocycle. Ce type de procédure permettrait de combler le manque de littérature dans le domaine.

1.4. Hypothèses explicatives des effets de l'activité physique sur le vieillissement cognitif

Plusieurs mécanismes peuvent rendre compte des bienfaits cognitifs de l'activité physique, notamment à travers des programmes aérobie (Angevaren et al., 2008 ; Colcombe & Kramer, 2003 ; Etnier et al., 2006 ; Smith et al., 2010). Quatre hypothèses sont présentées, issues de deux champs principaux : la physiologie pour les deux premières et la psychologie cognitive pour les deux dernières.

1.4.1. Hypothèse métabolique

L'hypothèse métabolique ou circulatoire est l'interprétation physiologique la plus répandue quant à l'influence positive d'une activité physique sur le fonctionnement cognitif. Cette hypothèse s'appuie sur la mise en évidence d'une corrélation entre les performances cognitives et la capacité aérobie des sujets (Dustman et al., 1984 ; Hawkins et al., 1992 ; Hill et al., 1993 ; Kramer, Hahn, Cohen, et al., 1999). Elle stipule que l'amélioration significative de l'aptitude physique aérobie, mesurée par la VO_2 max, induirait une augmentation du flux sanguin dans l'ensemble du corps, y compris au niveau cérébral, et permettrait ainsi une meilleure oxygénation du système nerveux central (Dustman, Emmerson, & Shearer, 1994). Cela sous-entend que l'oxygénation du cerveau est primordiale pour pouvoir améliorer ses capacités cognitives. Il y

aurait donc un support physiologique lié aux capacités cardiorespiratoires pour assurer des améliorations cognitives, par la pratique physique.

De plus, Erickson et al. (2014) remarquent que la pratique d'activité physique aérobie modérée durant six mois entraîne une augmentation des volumes cérébraux des régions préfrontales et hippocampales, zones particulièrement touchées par la diminution du flux sanguin (Raz, 2000 ; Raz et al., 2005 ; West, 1996). Parallèlement, de nombreux auteurs s'accordent à dire que l'effet de l'activité physique aérobie serait particulièrement important voire spécifique aux fonctions cognitives dépendantes des aires frontales, par une amélioration du flux sanguin dans ces régions cérébrales (Colcombe et al., 2004 ; Colcombe & Kramer, 2003 ; Hall, Smith, & Keele, 2001 ; Kramer, Hahn, Cohen, et al., 1999 ; Kramer et al., 2002 ; McAuley et al., 2004). De plus, les régions frontales et préfrontales du cerveau sont le siège du contrôle exécutif. Par conséquent, l'augmentation du flux sanguin dans ces zones cérébrales, serait particulièrement bénéfique aux fonctions exécutives (Colcombe & Kramer, 2003 ; Colcombe et al., 2004 ; Hall et al., 2001 ; Kramer, Hahn, et al., 1999 ; Kramer et al., 2002 ; McAuley, Kramer, & Colcombe, 2004). L'hypothèse métabolique est donc directement liée à l'hypothèse exécutive du vieillissement cognitif (e.g., Lemaire & Bherer, 2005).

En plus de l'apport d'oxygène, la pratique d'activité entraînerait une cascade de mécanismes neurophysiologiques, par la sécrétion de neurotrophiques comme le BDNF (Brain Derived Neurotrophic Factor), l'IGF-1 (Insulin-like Growth Factor 1), et le VEGF (Vascular Endothelial-derived Growth Factor) (Cotman & Berchtold, 2002 ; Gómez-Pinilla, Dao, & So, 1997 ; van Praag, Christie, Sejnowski, & Gage, 1999 ; Vaynman & Gomez-Pinilla, 2005). Ces molécules seraient à l'origine de processus d'augmentation : i) de l'angiogenèse cérébrale, ii) de la plasticité synaptique, iii) de la neurogenèse, iv) et de la synthèse de dopamine.

1.4.2. Hypothèse de la plasticité synaptique

À partir de la littérature animale et de l'enrichissement cognitif, l'hypothèse de l'augmentation de la plasticité synaptique retient notre attention (pour revue, Audiffren, André, & Albinet, 2011 ; Churchill et al., 2002 ; Renaud & Bherer, 2005). Elle stipule que, sous l'effet de nouvelles expériences sensorielles et motrices permises notamment par l'activité physique de toute nature, il se crée soit des nouveaux réseaux neuronaux (i.e., synaptogenèse) soit un renforcement de l'activité synaptique (e.g., Churchill et al., 2002). Cette hypothèse participe donc pleinement à

l'explication des bienfaits cognitifs de l'activité physique. Au niveau de l'expérimentation humaine, cette hypothèse trouve écho essentiellement dans les travaux de Colcombe et al. (2003) qui ont montré que des adultes âgés ayant un niveau d'aptitude physique aérobie élevé, subissaient moins de perte de substance grise et blanche, comparativement à des âgés de niveau d'aptitude physique aérobie plus faible.

1.4.3. Hypothèse des ressources attentionnelles

L'impact d'une activité physique régulière pourrait dépendre aussi de l'importance du processus contrôlé à la réalisation de la tâche et donc des demandes attentionnelles imposées par la tâche. Cette hypothèse considère que des individus confrontés à un programme d'activité physique qui demandent un engagement conséquent développent des compétences cognitives dans le domaine de la gestion des ressources attentionnelles. Ces dernières seraient à nouveau réinvesties lors de réalisation de tâches cognitives (e.g., Hawkins et al., 1992 ; Salthouse, 1982).

1.4.4. Hypothèse de la vitesse de traitement

D'autres auteurs défendent l'hypothèse de la vitesse de traitement. Ils suggèrent que la pratique d'une activité physique se montre davantage bénéfique sur des tâches de vitesse de processus, ne faisant que très faiblement appel aux capacités cognitives des sujets, telles des tâches de temps de réaction. Les résultats relatifs à cette hypothèse sont ambigus. Certains auteurs confirment un effet bénéfique sur des temps de réactions (Clarkson-Smith & Hartley, 1989 ; Dustman et al., 1984 ; Rikli & Edwards, 1991 ; Spirduso & Clifford, 1978), alors que d'autres le réfutent (e.g., Blumenthal & Madden, 1988).

Chacune de ces quatre hypothèses trouve plus ou moins de soutien au sein de la littérature. Toutefois, l'hypothèse métabolique est certainement le mécanisme le plus souvent évoqué pour expliquer les bienfaits cognitifs de l'activité physique. Cependant l'ensemble de ces hypothèses pourraient interagir selon les caractéristiques du programme (Audiffren et al., 2011).

1.5. Recommandations pour favoriser les bienfaits de l'activité physique aérobie sur la cognition

Différents facteurs pourraient influencer cette relation potentiellement directe entre l'activité physique et la cognition. Ces facteurs, que nous appellerons recommandations, tentent de favoriser les impacts cognitifs de l'activité physique. Le premier a trait à l'adhésion au programme d'activité : il semble important de proposer des solutions aux obstacles de la pratique d'activité physique inhérents aux mentalités des personnes âgées. Les autres ont trait à certains déterminants qui, dans les programmes aérobies, semblent favoriser l'émergence de bénéfices sur la cognition.

1.5.1. Solutions face aux obstacles de la pratique d'activité physique

Les principaux obstacles à la pratique d'activité physique mentionnés par les personnes âgées sont la peur d'être trop fatiguées, un manque d'intérêt pour l'activité, un effort trop important, et des craintes de blessures (e.g., Seematter-Bagnoud, 2004). Ces obstacles peuvent limiter l'adhésion à un programme d'activité physique et par conséquent limiter son impact. Cependant, chacun de ces problèmes a une solution simple à mettre en place. Pour diminuer un effort trop important et une trop grosse fatigue, il est possible de faire un entraînement adapté et progressif. Pour limiter le risque de blessures, il convient de préconiser de s'échauffer et de s'étirer après chaque séance. Enfin, pour proposer un entraînement physique attractif, la pratique en groupe peut apparaître aussi comme un moyen de susciter des rencontres et des discussions.

1.5.2. Déterminants des programmes aérobies

1.5.2.1. Stimulation unique ou multiple

Afin de favoriser un impact sur le fonctionnement cognitif, une récente méta-analyse a mis en évidence que des participants âgés engagés dans un entraînement combiné d'activité aérobie, de renforcement et de souplesse, amélioreraient davantage leurs performances cognitives que des participants engagés uniquement dans un entraînement simple (i.e., aérobie ; Colcombe & Kramer, 2003). Les recommandations actuelles de la littérature stipulent donc un partage de la séance d'activité physique : 70% du temps en activité physique aérobie, 20% du temps en renforcement musculaire et 10% en étirements (Angevaeren et al., 2008 ; Colcombe & Kramer,

2003). Pour mieux comprendre les raisons de ces bienfaits, Frantzidis et al. (2014), supposent que la multiplicité des entrées sensorielles pourrait majorer les effets des activités sur les mécanismes neurophysiologiques et par conséquent sur les performances cognitives.

1.5.2.2. Niveau d'intensité et temps de pratique

Des récents travaux sur l'activité physique aérobie montrent que les participants entraînés physiquement tirent des bénéfices cognitifs plus importants lorsque les séances sont individualisées (Fabre, Massé-Biron, Ahmaidi, Adam, & Préfaut, 1997) et ciblées sur un effort d'intensité modérée tout au long du programme (e.g., ACSM, 2006 ; Linde & Alfermann, 2013 ; Shatil, 2013). Ainsi, les résistances et durée d'exercices doivent être augmentées pour maintenir un niveau d'intensité modérée (e.g., Barnes, Santos-Modesitt, Poelke, et al., 2013 ; González-Palau et al., 2014 ; Linde & Alfermann, 2013). Cela correspond, par exemple lors d'entraînements sur cycle, à majorer les résistances et la durée du pédalage tout au long du programme.

1.5.2.3. Suivi des participants

Le fait d'améliorer ses compétences immédiatement après l'entraînement est intéressant et même primordial pour la valorisation de ces types d'activités. Cependant, dans l'optique d'évaluer le maintien des bienfaits des entraînements, il est possible de mettre en place un post-test différé dans le temps, appelé test de rétention ou test de suivi (e.g., Toulotte, Thevenon, Watelain, & Fabre, 2006). Il est certain que ce type de test, recommandé dans l'ensemble des revues de littérature portant sur les interventions (e.g., Audiffren et al., 2011 ; Heyn et al., 2004), permet d'apporter des connaissances sur la durée de vie des programmes et de potentiellement compléter les premières pistes de réflexion sur les mécanismes sous-jacents des interventions (Bamidis et al., 2014 ; Kelly et al., 2014 ; Li et al., 2010 ; Martin, Clare, Altgassen, Cameron, & Zehnder, 2011). En effet, dans les protocoles des études actuelles, il semble très important de vérifier les effets des entraînements physiques dans la durée (i.e., Linde & Alfermann, 2013 ; Oswald, Gunzelmann, Rupprecht, & Hagen, 2006 ; Shatil, 2013). Malgré tout, cette démarche de suivi à long terme reste encore assez rare.

Conclusion

Au regard de cette première partie, les programmes aérobie présentent des premières tendances plutôt positives sur le fonctionnement exécutif des sujets MCI (Baker et al., 2010 ; Scherder et al., 2005), même si, sur les trois études identifiées, seules deux réussissent à confirmer les bons résultats des travaux chez les personnes âgées saines (Baker et al., 2010 ; Scherder et al., 2005). Ainsi, leur nombre est encore trop faible pour extraire des analyses solides (pour revue, Gates et al., 2013). Par conséquent, les effets des entraînements aérobies sur le vieillissement cognitif, avec ses conséquences sur les capacités de marche, sont encore peu évalués chez les sujets MCI. De nouveaux travaux devraient donc être mis en place afin de : i) continuer à vérifier les bons résultats des programmes aérobies retrouvés sur les performances exécutives des sujets âgés sains et ii) compléter le recueil de résultats partiellement positifs chez les sujets MCI.

Parallèlement aux stimulations physiques, les stimulations cognitives semblent aussi avoir un rôle à jouer dans les modérateurs du vieillissement cognitif à risque. En effet, des interventions à base d'entraînement cognitif pourraient offrir la possibilité de maintenir ou d'améliorer les fonctions cognitives pour potentiellement ralentir la progression en démence (Hultsch et al., 1999 ; Schooler & Mulatu, 2001 ; Stern, 2002 ; Unverzagt et al., 2007).

2. LES BIENFAITS DES PROGRAMMES D'ENTRAÎNEMENT COGNITIF SUR LE VIEILLISSEMENT COGNITIF

Les entraînements cognitifs apparaissent comme une réelle option pour compenser les déclinés cognitifs des personnes âgées, même lorsque ces déclinés sont pathologiques (e.g., Ball et al., 2002 ; Basford & Malec, 2015 ; Faucounau, Wu, Boulay, De Rotrou, & Rigaud, 2010 ; Hui-Xin Wang, Xu, & Pei, 2012). En effet, l'*Alzheimer's Association Maintain Your Brain*® recommande de rester mentalement actif, et présente ce comportement comme un des composants clés d'un style de vie en bonne santé cognitive. Les recherches sur les effets des entraînements cognitifs se sont beaucoup développées, en s'intéressant notamment aux modifications des performances cognitives directes (i.e., travaillées durant l'entraînement) et indirectes (i.e., transfert sur une tâche non spécifique à l'entraînement).

Après avoir explicité certaines considérations méthodologiques et enjeux liés à cette littérature, nous chercherons à faire un état des lieux des études réalisées sur l'impact des programmes d'entraînements cognitifs stimulant les fonctions exécutives. Nous présenterons les travaux menés sur les effets de ces entraînements au sein des personnes âgées saines et des personnes atteintes de MCI. Enfin, nous soulignerons les déterminants des programmes d'entraînement cognitifs, afin de mettre en évidence des points clef à la bonne réussite de ceux-ci.

2.1. Moyens et critères d'évaluations méthodologiques

2.1.1. Considérations méthodologiques

Il existe dans la littérature une certaine confusion dans les terminologies utilisées pour décrire les différentes approches basées sur la cognition. En effet, les termes stimulation cognitive, entraînement cognitif, et réhabilitation cognitive sont souvent utilisés de manière interchangeable bien qu'ils ne renvoient pas tout à fait au même type d'intervention (Woods, Aguirre, Spector, & Orrell, 2012). Pour Clare et Woods (2004), la réhabilitation cognitive désigne une approche individualisée, adaptée spécifiquement à l'individu afin de lui permettre une meilleure réussite dans ses activités quotidiennes. En travaillant sur le développement de stratégies fonctionnelles, la réhabilitation cognitive a pour objectif l'amélioration de la qualité de vie. L'entraînement cognitif correspond à un entraînement guidant la réalisation d'un ensemble de tâches standards correspondant à une ou des fonctions cognitives particulières, dont la difficulté peut être adaptée aux capacités des personnes. L'entraînement cognitif implique des sessions individuelles ou en groupe, avec la pratique régulière de tâches cognitives visant certains aspects du fonctionnement cognitif comme la mémoire, l'attention ou le langage. Les exercices peuvent être réalisés sous format papier ou informatisé. Enfin, la stimulation cognitive en elle-même impliquerait une série d'activités et de discussions par exemple en groupe dont l'objectif est l'amélioration du fonctionnement cognitif et psycho-social (e.g., Kurz, Pohl, Ramsenthaler, & Sorg, 2009 ; Lapre, 2010 ; Moro et al., 2015). À la différence de l'entraînement, la stimulation cognitive ne renvoie pas à un protocole standardisé, répété sur une durée limitée. Elle présente un caractère plus global.

Au sein de notre travail, nous allons nous intéresser principalement aux entraînements cognitifs car ils sont les plus fréquemment retrouvés dans la littérature (Belleville, 2008) et

montrent de plus grandes améliorations sur les performances cognitives (e.g., Martin et al., 2011). Les tâches d'entraînements choisies au sein des travaux varient dans le degré de spécificité cognitive travaillé. Certains entraînements se concentrent sur des capacités et stratégies très spécifiques comme l'attention focalisée, alors que d'autres proposent une approche plus holistique, ciblée sur de multiples domaines cognitifs. Ce constat renvoie à la difficulté de faire ressortir des objectifs et hypothèses communs dans la littérature des entraînements cognitifs. Par conséquent, la littérature a été partagée en deux grandes parties, suivant les objectifs poursuivis par les travaux : les approches sélectives qui explorent la restauration cognitive ; et les approches multi-domaines qui cherchent plutôt à compenser à travers des stratégies pour impacter un maximum de variables, travaillées ou non en entraînement.

2.1.2. Mesures subjectives et objectives

Pour évaluer le niveau de stimulation cognitive, nous pouvons utiliser une mesure subjective à l'aide de questionnaires. Le questionnaire apporte la vision propre du sujet sur sa pratique d'activité cognitive durant un temps donné. Suivant la nature de l'activité cognitive, la personne doit compléter sa fréquence de pratique. Le questionnaire le plus connu est celui de Wilson et al. (2003) qui mesure les activités cognitives de loisirs. Deux formes existent, l'une rapportant les activités cognitives depuis l'âge de six ans et l'autre s'intéressant aux activités cognitives pratiquées depuis dix ans. Ces deux versions portent principalement sur les activités de lecture (i.e., de revue, de livre, de journal) et ne paraissent plus trop d'actualités face à la rapide croissance des activités de loisirs. Cette mesure permet néanmoins de catégoriser le style de vie cognitif des personnes.

Pour évaluer le niveau cognitif de manière objective, des tests neuropsychologiques sont souvent employés dans la littérature, mais aussi dans les consultations gériatriques. Ces tests sont normalisés pour mesurer les performances cognitives des patients. Il existe des tests globaux (i.e., niveau cognitif général), des tests unidimensionnels (e.g., mémoire à court terme, de travail), ou des batteries composites (e.g., Batterie Rapide d'Efficiency Frontale). Dans le cadre du vieillissement cognitif à risque, les tests peuvent être papier-crayon ou informatisés. Ils permettent de quantifier l'appréciation subjective d'une plainte mnésique ou plus largement d'une plainte cognitive. Dans les études scientifiques, l'utilisation de ces tests est très importante pour pouvoir établir le niveau cognitif de la personne à un moment donné et suivre son évolution

ou étudier les liens qui peuvent exister entre les performances cognitives et celles d'un autre domaine.

2.2. Lien entre la pratique d'activité cognitivement stimulante et la cognition

Les effets des possibles bénéfices de la pratique d'activité cognitivement stimulante présument l'existence de capacités de réserve et de plasticité cérébrale. L'exercice mental pourrait modérer (ralentir ou diminuer) le déclin cognitif observé au fil de l'âge. Cette hypothèse défend que les individus les plus actifs mentalement seraient à même de montrer des profils de vieillissement cognitif plus favorables à l'absence de troubles cognitifs correspondant à un risque diminué de démence (e.g., Soubelet, 2009).

2.2.1. Mise en évidence par des approches longitudinales et transversales

Afin d'illustrer le rôle modérateur d'un style de vie cognitivement actif sur le déclin cognitif, nous allons examiner des études transversales et longitudinales. Au sein de ces travaux, certains auteurs se sont intéressés plus directement à des activités de vie supposées être stimulantes cognitivement comme la lecture ou les mots croisés et ont étudié si les individus rapportant s'y investir manifestaient un déclin cognitif lié à l'âge particulièrement ralenti ou diminué (Ghisletta, Bickel, & Lövdén, 2006 ; Jopp & Hertzog, 2007 ; Salthouse, 2006 ; Soubelet, 2009). Les résultats issus de ces comparaisons ont, très majoritairement soutenu l'idée que des hauts niveaux d'exercices mentaux étaient associés à de hauts niveaux de capacités cognitives. De plus, les études longitudinales ont mis en évidence que la participation dans des activités cognitivement stimulantes était un facteur protecteur contre le déclin cognitif tout au long de la vie (Fabrigoule et al., 1995 ; Kramer et al., 2004 ; Scarmeas, Levy, Tang, Manly, & Stern, 2001 ; Joe Verghese et al., 2003 ; Wilson et al., 2002). Les travaux de Wilson et al. (2002) sont particulièrement intéressants car ils portent sur l'évaluation d'activités purement cognitives, qu'ils mettent en rapport avec des scores dans différents domaines cognitifs. Les auteurs ont étudié 801 religieuses⁷ de plus de 65 ans, sans troubles cognitifs à la base. Ils ont évalué ces personnes tous les ans pendant une durée de 4,5 ans en moyenne, sur leurs activités cognitives (i.e., regarder la télévision ; écouter la radio ; lire des journaux, des magazines, ou des livres ; jouer à des jeux de

⁷ Population choisie pour son engagement mental important (i.e., lecture de livre, prières, interaction sociale).

cartes, de dames, des mots croisés, ou à des énigmes ; et aller dans des musées) et sur des tests de cognition globale, de mémoire épisodique, sémantique, et de travail, ainsi que sur des tests de vitesse perceptive et de capacités visuospatiales. Les résultats de cette étude ont montré que les personnes considérées comme actives cognitivement (+ 1 point par rapport à la moyenne de l'échantillon), ont un risque diminué de 33% de développer une démence de type Alzheimer. De plus, ces personnes présentent un déclin moins impacté de 47% sur la cognition globale, de 60% sur la mémoire de travail et de 30% sur la vitesse de perception. Ainsi, la participation dans des loisirs purement cognitifs pourrait baisser le risque de démence en améliorant la réserve cognitive.

2.2.2. Mise en évidence par une approche interventionnelle

Dans la continuité des études transversales et longitudinales, les études d'intervention regroupées dans plusieurs méta-analyses montrent des effets significatifs des entraînements cognitifs en faveur d'une amélioration des performances cognitives des personnes âgées.

Chez les personnes âgées saines, il existe quatre récentes revues de littérature qui montrent de manière générale un changement significatif des performances cognitives suite aux entraînements (pour revue, Kelly et al., 2014 ; Martin et al., 2011 ; Papp, Walsh, & Snyder, 2009 ; Reijnders, van Heugten, & van Boxtel, 2013 ; Tardif & Simard, 2011). En effet, les travaux de Kelly et al. (2014) ont constaté que les entraînements cognitifs amélioraient significativement les performances, dans les tests de reconnaissance, et de fonctions exécutives à travers la mémoire de travail et la vitesse de traitement. Pour plus de précisions, les revues précédentes de Reijnders, van Heugten et van Boxtel (2013) et Tardif et Simar (2011) rapportent des plus grandes tailles d'effet pour les mesures exécutives de raisonnement ($d = 0.16$) et la vitesse de traitement ($d = 0.22$), comparées aux mesures de mémoire (Papp, Walsh & Snyder, 2009). Cependant, elles ont été calculées seulement auprès de deux études. Par conséquent, même si la littérature est encore très hétérogène, il semble que les mesures exécutives pourraient être améliorées grâce aux entraînements cognitifs.

Chez les personnes MCI, cinq revues de littérature ont également été identifiées. Tout d'abord, (Belleville, 2008) montre que l'entraînement cognitif chez les personnes atteintes de MCI sert à optimiser leur fonctionnement cognitif. Par la suite, Plassman et al. (2010), proposent d'identifier l'ensemble des interventions pouvant impacter la protection cognitive de sujets avec un déclin

cognitif. Les entraînements cognitifs y ont été identifiés et qualifiés de générateurs d'effets de haute qualité. Cependant les auteurs ne se basent que sur une seule étude RCT⁸, l'étude ACTIVE (Willis et al., 2006), qui ne porte pas chez des personnes MCI. Dans le même sens, la revue de littérature de Teixeira et al. (2012), s'intéresse aux différentes interventions non pharmacologiques présentant des impacts sur les variables cognitives des personnes âgées MCI. Une seule étude sur les entraînements cognitifs avait été identifiée. Par ailleurs, la méta-analyse de Li et al. (2011) présente les tailles d'effet des entraînements cognitifs sur les fonctions exécutives au sein de groupes MCI entraînés et non entraînés. Chez les sujets MCI entraînés, il existe une taille d'effet sur la catégorie « mémoire de travail et fonctions exécutives » de 0.27 (n = 7) et sur la catégorie « vitesse de traitement et attention » de 0.35 (n = 6). Chez les sujets MCI sans entraînement, il existe une taille d'effet sur la catégorie « mémoire de travail et fonctions exécutives » de -0.09 (n = 3) et sur la catégorie « vitesse de traitement et attention » de -0.06 (n = 2). Ces effets négatifs illustrent bien le caractère évolutif du vieillissement cognitif des sujets MCI sans prise en charge.

Ces revues de littérature tendent donc à montrer un bienfait des entraînements cognitifs sur la cognition des sujets MCI, et les plus récentes considèrent ces programmes comme prometteurs (e.g., Horr, Messinger-Rapport, & Pillai, 2015 ; Martin et al., 2011 ; Wang et al., 2014).

2.3. Diversité des entraînements cognitifs

L'analyse des bienfaits des entraînements cognitifs se révèle difficile du fait d'une grande variété de stimuli pouvant activement agir sur la cognition. En effet, à l'heure actuelle, il existe une multitude de programmes cognitifs, correspondant à presque autant d'interventions publiées⁹. C'est pourquoi il est difficile de trouver des ressemblances, des associations, des tendances au sein de ces programmes très disparates. Ce paragraphe tente néanmoins de préciser les points clef de cette littérature à travers la présentation des différentes méthodologies utilisées au sein des études.

⁸ Randomised Clinical Trial : Essai clinique randomisé.

⁹ En extrapolant, chaque expérimentateur pourrait mettre en place son propre programme pour répondre aux mêmes objectifs.

2.3.1. Approche sélective et enjeux de la restauration cognitive

Un premier pan de la littérature sur les entraînements cognitifs souhaite restaurer les fonctions cognitives diminuées à travers une approche directe, et plus précisément sélective, ciblée sur les déficits (pour revue, Huckans et al., 2013). L'approche sélective consiste à reproduire une tâche d'entraînement choisie de manière répétée (e.g., Dorbath, Hasselhorn, & Titz, 2011 ; Lussier, Gagnon, & Bherer, 2012). Cette même tâche est, la plupart du temps, évaluée avant et après l'entraînement (i.e., en pré et post-test ; e.g., Mozolic, Long, Morgan, Rawley-Payne, & Laurienti, 2011). Le nombre de séances est souvent bas, inférieur à 10, car la pratique a tendance à être ennuyeuse pour les participants (e.g., Hampstead, Sathian, Moore, Nalisnick, & Stringer, 2008). Cette méthode cherche à viser un processus cognitif spécifique, comme par exemple l'attention partagée, la mémoire à court terme, ou encore la flexibilité mentale, afin de restaurer ses déficits grâce au potentiel d'amélioration cognitive, aussi appelé plasticité cérébrale.

C'est pourquoi de nombreux travaux étudient la plasticité cognitive à l'aide de programmes d'entraînement cognitif (pour revue, Smith et al., 2009 ; Zehnder, Martin, Altgassen, & Clare, 2009). Ceux-ci ont tendance à montrer une plasticité préservée tout au long du vieillissement normal (Cai, Chan, Yan, & Peng, 2014 ; Dahlin, Nyberg, Bäckman, & Neely, 2008 ; Jones et al., 2006 ; Noack, Lövdén, Schmiedek, & Lindenberger, 2009 ; Verhaeghen & Cerella, 2002 ; Voss, 2010 ; Willis & Schaie, 2009 ; Zöllig & Eschen, 2009). Nous pouvons néanmoins nous poser la question de son maintien chez les personnes MCI. Pour répondre à cette question, certains auteurs ont montré des améliorations aux tests d'apprentissages verbaux et de rappel immédiat et retardé chez des sujets MCI (e.g., Calero, 2004 ; Calero & Navarro, 2007 ; Clare et al., 2009 ; Fernández-Ballesteros, Zamarrón, & Tàrraga, 2005). Ainsi, malgré l'avancée en âge et un profil cognitif à risque, les personnes atteintes de MCI semblent aussi pouvoir bénéficier de bienfaits des entraînements cognitifs avec une approche sélective. De plus, les sujets MCI bénéficient dans certaines études de bienfaits plus importants que pour la population des personnes âgées saines (e.g., Eckroth-Bucher & Siberski, 2009 ; Unverzagt et al., 2007 ; Wenisch et al., 2007). Pour tenter d'expliquer ces observations, il semblerait que le plus grand déficit des sujets MCI favorise une marge de progrès plus importante (e.g., González-Palau et al., 2014).

Malgré la restauration des capacités travaillées en entraînement, il semble que ces gains soient peu transférables vers les capacités de vie quotidienne. C'est pourquoi, pour répondre à cette limite, une deuxième approche, plus large, a été développé.

2.3.2. Approche multi-domaine et enjeux de la compensation cognitive

Un deuxième pan de la littérature sur les entraînements cognitifs aimerait compenser les déficits cognitifs impactant sur les activités de vie quotidienne, à l'aide d'une approche plus globale pouvant plus facilement atteindre, en plus des performances cognitives, le niveau de qualité de vie et les capacités fonctionnelles des activités de vie quotidienne (pour revue, Huckans et al., 2013). Cette approche appelée multi-domaine consiste en un travail sur un ensemble de fonctions cognitives, tout au long du programme d'entraînement (e.g., travail sur un agenda électronique). La stimulation relève donc d'un spectre plus large et touche plusieurs fonctions cognitives. Les objectifs principaux de ce type d'étude sont donc dans un premier temps, d'améliorer les performances des différentes fonctions ciblées pendant l'entraînement, afin, dans un deuxième temps, de favoriser des transferts d'apprentissage sur des tâches non pratiquées pendant l'entraînement (e.g., Kramer & Willis, 2003; Schmidt & Bjork, 1992).

De manière générale dans les entraînements cognitifs, il est plus facile d'observer des améliorations dans le domaine de compétence travaillé (pour revue, Dahlin, Bäckman, Neely, & Nyberg, 2009 ; Dahlin et al., 2008 ; Kelly et al., 2014 ; Kueider, Parisi, Gross, & Rebok, 2012 ; Li et al., 2008 ; Papp et al., 2009). Néanmoins, l'approche multi-domaine présente des effets positifs de l'entraînement cognitif sur des tâches cognitives qui n'ont pas été directement travaillées durant les séances. Mais ces effets semblent moins systématiques (Ball et al., 2002 ; Borella, Carretti, Riboldi, & De Beni, 2010 ; Buschkuhl et al., 2008 ; Carretti, Mammarella, & Borella, 2012 ; Cheng et al., 2012 ; Li et al., 2010 ; Mahncke et al., 2006 ; Mozolic et al., 2011 ; Richmond, Morrison, Chein, & Olson, 2011 ; Schmiedek, 2010 ; Smith et al., 2009).

Étant donné, les déficits majorés des fonctions exécutives chez certaines personnes MCI, l'implication transversale des processus exécutifs, et la variété des tâches les impliquant, il nous semble tout à fait intéressant de poursuivre plus précisément nos observations sur les entraînements cognitifs ayant axés leur programme sur la stimulation du fonctionnement exécutif. (e.g., raisonnement, création de mots).

2.4. Les programmes d'entraînement cognitif ciblés sur les fonctions exécutives

2.4.1. Programmes existants

Au sein des travaux sur les entraînements exécutifs, une catégorie de tâches a été particulièrement développée. En effet, les situations de double tâche cognitive ont particulièrement attiré l'attention des auteurs s'intéressant à la stimulation du contrôle exécutif (Bherer et al., 2005 ; Bier, de Boysson, & Belleville, 2014 ; Dorbath et al., 2011 ; Erickson et al., 2007 ; Kramer, Larish, & Strayer, 1995 ; Li et al., 2010). Les performances de double tâche montrent des déficits importants liées à l'âge (Hartley, Kieley, & McKenzie, 1992 ; Kramer et al., 1995 ; McDowd & Shaw, 2000) et illustrent la difficulté des personnes âgées à exécuter des tâches simultanées (pour revue, Verhaeghen, Steitz, Sliwinski, & Cerella, 2003). Aussi, pour tenter d'améliorer ces déficits, les entraînements sur le contrôle exécutif se sont centrés sur des tâches d'alternance (i.e., switching). Celles-ci consistent à partager son attention entre deux exercices, qui relèvent chacun de modes opératoires différents. Les travaux de Kramer, Hahn, & Gopher (1999), ainsi que l'ensemble des littératures citées ci-dessus, montrent que les performances d'alternance peuvent être améliorées chez les personnes âgées saines et que cela pourrait être un bon moyen pour les aider à exécuter des tâches multiples dans leur vie quotidienne.

Parallèlement aux entraînements sur les tâches d'alternance, l'entraînement de la mémoire de travail est très souvent utilisé pour engendrer des bienfaits sur le fonctionnement exécutif (pour revue, von Bastian & Oberauer, 2014 ; e.g., Borella et al., 2010 ; Buschkuehl et al., 2008 ; Dahlin et al., 2008 ; Li et al., 2008 ; Moreau & Conway, 2014 ; Richmond et al., 2011). Toutefois son impact sur les fonctions exécutives, à travers la fonction de mise à jour est plus indirect (e.g., Miyake et al., 2000).

2.4.2. Impacts sur les performances cognitives

Pour explorer les études chez les sujets MCI de manière plus précise, nous avons sélectionné cinq études s'intéressant à l'impact d'un programme cognitif à travers la stimulation du fonctionnement exécutif.

Même s'il en existe un nombre plus important, par souci d'homogénéité, certaines études n'ont pas fait objet de précision particulière car leurs programmes cognitifs i) étaient ciblés que

sur la stimulation de la mémoire ou des stratégies de compensation (Akhtar, Moulin, & Bowie, 2006 ; Jean et al., 2010 ; Kinsella et al., 2009 ; Rapp, Brenes, & Marsh, 2002 ; Rojas et al., 2013 ; Troyer, Murphy, Anderson, Moscovitch, & Craik, 2008), ii) testaient en même temps des protocoles médicamenteux (e.g., Rozzini et al., 2007 ; Talassi et al., 2007), iii) ne présentaient pas les effets de leur entraînement (e.g., Bier et al., 2015 ; Flak, Hernes, Skranes, & Løhaugen, 2014 ; Londos et al., 2008), iv) ne concernaient pas des sujets diagnostiqués MCI (e.g., Günther, Schäfer, Holzner, & Kemmler, 2003 ; Smith et al., 2009 ; Unverzagt et al., 2007).

Parmi les cinq études sélectionnées, on retrouve les deux types de méthodologies présentées précédemment : l'approche d'ordre sélectif avec des programmes individuels d'intervention sur ordinateurs ; l'approche multi-domaine en groupe, où le travail des fonctions exécutives est présent mais secondaire.

Nous examinerons tout d'abord deux études basées sur une approche sélective. L'étude de Barnes et al. (2009), s'intéresse aux processus attentionnels à travers une stimulation auditive chez 47 personnes MCI. Deux groupes ont été formés : un groupe d'entraînement et un groupe contrôle. L'entraînement consistait à travailler 100 minutes par jours pendant 5 jours durant 6 semaines. Le groupe contrôle devait lire et écouter de la musique. L'entraînement de cette étude a permis d'améliorer significativement les scores d'orientation spatiale, que les auteurs définissent comme une catégorie appartenant aux fonctions exécutives. Il semble toutefois que l'influence de la vitesse de traitement n'ait pas été contrôlée dans ce test et que l'entraînement ait été ciblé sur le caractère attentionnel et non pas exécutif. Également fondée sur un programme basé sur ordinateur, l'étude de Gagnon et Belleville (2012), s'attache à vouloir montrer les bienfaits d'un entraînement cognitif sur les fonctions exécutives en variant les priorités attentionnelles dans des exercices de double tâche chez des sujets MCIex. Les 24 sujets ont donc été partagés entre un groupe à priorité variable et un groupe à priorité fixe. Les deux groupes ont amélioré les tâches d'entraînements et aussi leurs scores d'attention focalisée, de vitesse de traitement et de flexibilité. Par conséquent, même si l'enjeu de l'article était centré sur les effets de la priorité, et qu'il n'existe aucun groupe contrôle, ces résultats indiquent que ce type d'entraînement pourrait améliorer le contrôle attentionnel et les fonctions exécutives chez les MCIex.

Dans l'approche multi-domaine, Belleville et al. (2006) cherchent à évaluer l'impact d'un entraînement cognitif multifactoriel (travail de plusieurs grandes fonctions cognitives, y compris des fonctions exécutives) de deux mois sur des patients aMCI et sains. Les sujets sont répartis

comme suit : 28 sujets MCI dont 20 dans le groupe entraînement et 8 dans le groupe contrôle, 17 sujets sains dont neuf dans le groupe entraînement, et huit dans le groupe contrôle. Les variables étudiées portent sur la mémoire épisodique et la fluence verbale. Les séances se déroulaient pendant 120 minutes par semaine durant 8 semaines, en groupes de quatre à cinq personnes. La première séance consistait en la présentation du programme. Les sessions 2 et 3 ont été consacrées principalement à un travail attentionnel à travers des exercices de double tâche cognitive sur ordinateur ou des exercices de mémoire. Les sessions 4 à 7 ont été ciblées sur le travail de la mémoire épisodique avec des exercices mnémotechniques tels que les stratégies de l'image mentale, de l'association de nom-visage, de loci et de PQRS (i.e., Preview, Question, Read, State, Test). À la huitième et dernière session, les différentes méthodes ont été révisées tout en essayant de les mettre en application dans la vie de tous les jours. Les résultats ont montré une amélioration de la mémoire épisodique sur des tests d'association nom/visage chez les participants MCI entraînés. Dans ce même type de programme d'intervention, Wenisch et al. (2007), ont pour objectif d'évaluer les bénéfices d'un programme cognitif sur les sujets MCI. Douze participants avec des troubles MCI et 12 participants sans troubles cognitifs ont effectué un entraînement en groupe de 90 minutes par semaine pendant trois mois. L'entraînement consistait à stimuler à chaque séance de multiples fonctions cognitives telles que la mémoire, le langage, les fonctions exécutives en introduisant des notions de stratégies cognitives (e.g., classification, association sémantique). Les résultats de cette étude montrent une amélioration d'un test de mémoire en rappel immédiat mais pas d'effet sur les fonctions exécutives. Une dernière étude a été menée pour comparer les effets d'un programme d'exercices physiques fonctionnels et d'entraînement cognitif chez des sujets MCI (Law, Barnett, Yau, & Gray, 2014b). Notre intérêt vis-à-vis de cette étude porte uniquement sur l'impact de l'entraînement cognitif sur les sujets MCI. Les 83 participants ont été évalués à travers des tests de cognition générale, de fonctions exécutives (i.e., TMT, test de fluence verbal) et des échelles de capacités fonctionnelles instrumentales (i.e., IADL et un test évaluant les problèmes dans la vie de tous les jours). Le programme cognitif consistait à travailler 30 minutes sur ordinateur des tâches attentionnelles et de mémoire de travail, puis 30 minutes de stratégies mnémotechniques en groupe. Six sessions d'une heure ont eu lieu en 10 semaines. Les résultats de cette étude montrent une amélioration du fonctionnement cognitif global et exécutif. L'absence de groupe contrôle passif limite quelque peu la portée de cette dernière étude.

Ainsi, trois études sur cinq présentent des résultats positifs sur les fonctions exécutives. La généralisation de ces résultats ne peut donc pas être encore tout à fait admise. De plus, on remarque très rapidement la variété des méthodologies au sein de ces études. En effet, que ce soit dans l'approche sélective ou multi-domaine, ils ont tous des contenus et des procédures de programmes différents. Au final, aucun entraînement stimulant les fonctions exécutives à chaque séance durant l'ensemble du programme n'a encore été mis en place chez les sujets MCI.

Ainsi, même si la littérature tend à considérer les entraînements cognitifs comme un modérateur potentiel, il est très difficile d'en extraire des preuves solides du fait du manque d'uniformité des travaux sur les sujets MCI, et de l'absence d'un programme construit exclusivement autour de la sollicitation des fonctions exécutives. Ces observations rejoignent les revues de littérature de Martin et al. (2011), ainsi que Horr et al. (2015) qui soulignent la difficulté d'extraire clairement des tendances. Par conséquent, pour répondre à ces lacunes, il semble tout à fait pertinent et intéressant d'élaborer et d'évaluer un programme ciblé sur les fonctions exécutives auprès de sujets MCI et particulièrement ceux avec une atteinte exécutive.

2.4.3. Impacts sur les performances de marche

Le lien établi entre les fonctions exécutives et la marche ouvre une perspective sur de potentielles améliorations au niveau moteur (Herman, Mirelman, Giladi, Schweiger, & Hausdorff, 2010 ; Montero-Odasso et al., 2012 ; Rosso et al., 2013 ; Segev-Jacobovski et al., 2011). Une nouvelle approche examine si les bienfaits des programmes d'entraînements cognitifs ciblés sur les fonctions exécutives pourraient potentiellement être transférés aux domaines moteurs non entraînés, comme la marche (e.g., Pichierri, Wolf, Murer, & de Bruin, 2011).

Quelques études ont commencé à évaluer ces potentiels impacts. L'étude de Verghese et al. (2010), rapporte un effet positif sur le paramètre vitesse de marche à allure naturelle après huit semaines d'entraînement axées sur l'ensemble des fonctions exécutives chez des personnes âgées sédentaires. Par la suite, l'étude de Smith-Ray et al. (2013), montre chez des personnes âgées un effet positif sur le TUG d'un entraînement cognitif de 10 semaines ciblé sur les fonctions exécutives. En complétant leur analyse, les auteurs présentent aussi un bienfait sur le paramètre de vitesse de marche en situation de distraction pour les sujets « marcheurs lents » du groupe entraîné. Enfin, l'étude de Steinmetz & Federspiel (2014), observe une amélioration de la vitesse de marche sous une situation complexe de double tâche, chez des personnes en maison de

retraite, suite à la pratique d'un entraînement cognitif portant sur les fonctions exécutives, durant six semaines. L'effet de cet entraînement est maintenu trois mois. Ces premiers résultats sont encourageants et montrent à nouveau le lien entre le fonctionnement cognitif exécutif et les performances de marche au cours du vieillissement. Le manque de mesures cognitives au sein de ces trois études ne permet malheureusement pas de comprendre de manière plus précise le lien entre les améliorations motrices de marche et les capacités cognitives des personnes âgées.

De ces études, nous pouvons extraire quelques recommandations pour favoriser une amélioration des tâches fonctionnelles de marche à partir d'entraînements cognitifs. La particularité de ces entraînements est qu'ils sont tous effectués pour stimuler principalement les fonctions exécutives. Les trois études utilisent des supports d'entraînements basés sur une approche multi-domaine (i.e., Smith-Ray et al., 2013 : travail de l'inhibition, de la mémoire de travail et de la vitesse de traitement durant l'entraînement ; Steinmetz & Federspiel, 2014 : support en groupe sur les fonctions exécutives ; Verghese et al., 2010 : 21 exercices différents au sein du programme). Il semble donc que la pratique d'un entraînement varié axé sur les fonctions exécutives (Smith-Ray et al., 2013 ; Steinmetz & Federspiel, 2014 ; Verghese et al., 2010) chez des personnes ayant un niveau cognitif et/ou moteur plus faible (i.e., Smith-Ray et al., 2013 ; Steinmetz & Federspiel, 2014) durant un minimum de six semaines, favorise un meilleur impact de l'intervention sur des performances fonctionnelles de marche.

2.5. Hypothèses explicatives des effets des entraînements cognitifs sur le vieillissement cognitif

Pour expliquer les bienfaits des entraînements cognitifs, il n'existe à l'heure actuelle que l'hypothèse de plasticité cérébrale. Au sein des entraînements cognitifs, cette hypothèse considère que les processus neuronaux sont capables d'être influencés par les stimulations cognitives des entraînements cognitifs en se réaccordant et se réorganisant (pour revue, Chklovskii, Mel, & Svoboda, 2004 ; Mahncke et al., 2006). Ainsi avec les entraînements cognitifs, les processus neuronaux semblent améliorer leur efficacité, observée de manière clinique par l'amélioration des performances cognitives. Une supposition pourrait s'ajouter à cette hypothèse. Elle consiste à considérer les processus entraînés comme les processus précurseurs d'ordre de haut niveau cognitif. Ainsi, l'amélioration de ces processus pourrait aussi bénéficier à des processus cognitifs

de moins haut niveau utilisant cependant les supports améliorés. D'où le fait que les études attendent en plus de l'amélioration des tâches entraînées par le programme, des améliorations sur des tâches sans rapport avec le programme d'intervention, telles que la marche par exemple (pour revue, Bamidis et al., 2014).

Pour illustrer ces améliorations cliniques, la neuro-imagerie est souvent utilisée car elle permet d'observer les changements cérébraux d'un point de vue structurel. En effet, des changements bénéfiques au niveau structurel du cerveau peuvent apparaître à la suite d'un entraînement cognitif (Lustig, Shah, Seidler, & Reuter-Lorenz, 2009). Les études relatent une augmentation du volume cérébral, de l'épaisseur corticale, de la densité, ainsi que des étendues de substances blanches (e.g., Kirchoff, Anderson, Smith, Barch, & Jacoby, 2012 ; Ruscheweyh et al., 2013). Parallèlement, d'une manière au premier abord surprenante, les bienfaits des entraînements cognitifs s'illustrent parfois en activant des zones cérébrales (e.g., Jones et al., 2006) mais également au contraire en diminuant les activités de certaines zones cérébrales (Erickson et al., 2007). Ces résultats peuvent s'expliquer selon la tâche cognitive demandée. En effet, dans les travaux de Jones et al. (2006), les activités cérébrales post entraînement de sujets âgés lors d'une tâche de mémoire ont augmenté et se rapprochent de l'image de celles de sujets jeunes. Cette activité serait donc porteuse de meilleures performances de mémoire. Alors que dans les travaux d'Erickson et al. (2007), les auteurs trouvent que les principales régions impliquées dans les processus de double tâche montrent des réductions d'activation, corrélées avec des performances améliorées à la double tâche entraînée. Aussi, l'influence des entraînements cognitifs sur la plasticité cérébrale n'est pas toujours mise en évidence. Par conséquent, à l'aide de la littérature, nous avons cherché à identifier certains déterminants à considérer, pour favoriser les bienfaits.

2.6. Déterminants des programmes d'entraînement cognitif

Au regard des programmes d'intervention très différents, exposés dans le paragraphe traitant des entraînements, il convient alors d'essayer d'extraire les déterminants qui pourraient être importants à prendre en compte pour la mise en place d'un entraînement cognitif. Pour cela, nous avons dû observer au sein de la littérature relative aux personnes âgées saines et MCI, les différentes caractéristiques semblant pouvoir influencer, ou du moins être considérées pour la bonne réussite des programmes.

2.6.1. Priorité fixe vs priorité variable

Pour favoriser des bienfaits cognitifs sur d'autres fonctions cognitives, Kramer et al. (1995), prennent conscience des enjeux de l'attention dans les situations de double tâche et proposent un entraînement où les sujets travaillent sur un même programme mais en variant leur priorité : groupe avec une priorité fixe vs groupe avec une priorité variable des exercices. La priorité fixe consiste à diriger l'attention du sujet sur une tâche ou un domaine de l'entraînement cognitif (e.g., répondre le plus vite possible). La priorité variable consiste à varier sa priorité attentionnelle sur un même exercice cognitif (e.g., répondre le plus vite possible, puis le plus correctement possible). Les résultats de cette étude indiquent que chez les personnes âgées saines, les entraînements cognitifs à priorité variable réduisent le coût cognitif de double tâche sur d'autres tâches cognitives que les exercices d'entraînement. De nombreux travaux rejoignent par la suite ces mêmes résultats (e.g., Lee et al., 2012; Voss et al., 2012). Les auteurs expliquent ces résultats, par le fait que cette condition d'entraînement produirait de plus grandes améliorations sur les stratégies exécutives de partage attentionnel.

Chez les personnes MCI, suite à ce même procédé, les travaux de Gagnon et Belleville (2012) présentent une amélioration des scores du TMT A et considèrent que le groupe effectuant les priorités variables a davantage bénéficié du programme cognitif. En effet, les études comparant les deux types de priorité sur un même support d'entraînement montrent que l'entraînement cognitif effectué en priorité variable améliore plus rapidement les capacités cognitives et favorise la réussite à des tâches de transferts (e.g., Bherer et al., 2005 ; Gagnon & Belleville, 2012 ; Kramer et al., 1995). Par conséquent, une adaptation fréquente et régulière à la consigne demandée semble stimuler des processus sous-jacents à la transférabilité des apprentissages. Ces recherches rejoignent donc les considérations issues des travaux sur l'approche multi-domaine.

Dans cette même perspective, Silsupadol et al. (2009), ont pour objectif de comparer les effets des priorités attentionnelles au sein des entraînements en double tâche cognitivo-motrice. Les 21 sujets âgés sont répartis dans trois groupes d'entraînement : en simple tâche, en double tâche à priorité fixe et en double tâche à priorité variable. La tâche cognitive correspond par exemple à l'épellation d'un mot ou à la soustraction d'un chiffre. Et la tâche motrice consiste à être debout sur une plateforme stabilométrique et à maintenir son équilibre. Les consignes pour l'entraînement à priorité fixe sont de se concentrer sur les deux tâches sans favoriser l'une ou l'autre, alors que l'entraînement à priorité variable demande au sujet de se concentrer la moitié de

la séance sur les tâches cognitives et l'autre moitié sur la tâche motrice. L'expérience est conduite durant quatre semaines à raison de trois fois 45 minutes par semaine. Les résultats montrent que les trois groupes ont augmenté leur vitesse de marche en simple tâche mais que seuls les groupes entraînés en double tâche améliorent leur vitesse de marche sous condition de double tâche. On observe aussi que le groupe de double tâche à priorité variable a de meilleures performances sur les performances de double tâche de marche 12 mois après l'expérience alors que les deux autres groupes sont revenus à leur niveau antérieur. Silsupadol et al. (2009) soutiennent par cette étude qu'en plus de majorer les bienfaits, varier les priorités au sein de l'entraînement favorise des performances plus durables.

2.6.2. Niveau de difficulté et feedback

L'acquisition d'un maximum de compétences, lors de l'entraînement semble se construire lorsque le niveau de performance du participant et les consignes de l'exercice sont à l'équilibre (e.g., Smith-Ray et al., 2013). En effet, le fait de donner une consigne trop difficile entraîne une démotivation, un sentiment d'infériorité qui favorise une perte de confiance en soi et de mauvais résultats. En revanche, la pratique d'une activité à un niveau accessible valorise le participant, le fait adhérer plus facilement à l'expérimentation et facilite l'apprentissage de nouvelles tâches (e.g., Ahissar & Hochstein, 2004 ; Clare et al., 2010 ; Verghese et al., 2010).

Par ailleurs, on retrouve très souvent dans les travaux, des protocoles qui proposent un retour sur la performance des participants par l'intermédiaire d'un score attribué ou d'un encouragement (Ball et al., 2002 ; Gagnon & Belleville, 2012 ; Li et al., 2010 ; Verghese et al., 2010). Ainsi, la présence d'une rétroaction, (e.g., un apprentissage par renforcement) favoriserait de meilleurs effets de l'entraînement cognitif (e.g., Herzog & Fahle, 1997). Ces deux paramètres semblent maintenir la motivation et l'adhésion aux programmes d'entraînement cognitif et favoriseraient donc un meilleur apprentissage direct et potentiellement indirect (e.g., Kelly et al., 2014).

2.6.3. Groupe vs individuel

Un autre paramètre qui soulève notre intérêt est la mise en place de programmes individuels ou en groupe. Le travail individuel apporte une adaptation instantanée de l'exercice au niveau cognitif de la personne (e.g., Gagnon & Belleville, 2012 ; Verghese et al., 2010). Par conséquent, les difficultés et l'évolution du programme s'appuient directement sur les capacités du sujet, ce

qui permet des améliorations plus certaines. En revanche, le fait de travailler seul n'entraîne pas de dynamique de groupe, définie comme l'aspect motivationnel et social parfois recherché par les participants qui aiment se mesurer aux autres. Par conséquent, les groupes expérimentaux ont tendance à « perdre » des participants, qui arrêtent en cours d'expérimentation (e.g., perte d'intérêt). Le travail en groupe quant à lui est souvent plus attractif pour les personnes âgées, car elles peuvent retrouver un lien social et se confronter aux autres. Une des limites des expériences en groupe serait la difficulté de respecter le niveau de chacun et par conséquent de garantir un entraînement efficace pour tous. L'idéal demeurerait de former des groupes de même niveau.

Afin de savoir quelle stratégie pourrait générer le plus de bienfaits, une récente revue de littérature rapporte que les travaux en groupe seraient plus efficaces pour améliorer sa mémoire (pour revue, Kelly et al., 2014) (e.g., Barnes et al., 2013 ; Hastings & West, 2009 ; Legault et al., 2011 ; Valentijn et al., 2005). Ces résultats sont supportés par d'autres études qui montrent que des interventions produisent des efforts cognitifs maximaux quand les participants réalisent le programme en groupe (e.g., Verhaeghen, Marcoen, & Goossens, 1992). En effet, d'après ces chercheurs, l'entraînement en groupe peut fournir aux participants une occasion de résoudre les difficultés avec un pair (Verhaeghen et al., 1992). Il peut aussi motiver des membres du groupe pour développer des stratégies cognitives efficaces (Saczynski et al., 2015). Enfin, il permet aux individus de recevoir du réconfort lorsqu'ils discutent de leurs préoccupations sur leur perte de mémoire (Flynn & Storandt, 1990). Ces types d'influences sociales augmentent non seulement la motivation et la résolution de problèmes, mais ont aussi montré une amélioration de l'auto-efficacité (i.e., Bandura, 1989).

2.6.4. Maintien à long terme des compétences acquises

Après avoir évalué les bienfaits à la suite des programmes, certaines études cherchent à étudier le maintien dans le temps des bénéfices afin de, premièrement, démontrer un effet solide et pérenne, et de, deuxièmement, savoir à quel moment la mise en place d'une nouvelle session d'entraînement est pertinente pour éviter la perte des bienfaits (e.g., Buschkuehl et al., 2008 ; Cheng et al., 2012 ; Dahlin et al., 2008 ; Willis et al., 2006).

Pour répondre au premier objectif, les revues de la littérature s'accordent pour dire que les effets des entraînements cognitifs peuvent être préservés deux à trois mois, aussi bien dans les performances de mémoire que dans les performances des fonctions exécutives (pour revue, Kelly

et al., 2014 ; Reijnders et al., 2013 ; Verhaeghen & Cerella, 2002). En effet, les résultats de ces trois revues de littératures rapportent un maintien à long terme (i.e., 6 mois à 5 ans) des performances cognitives ayant précédemment réagi au post test immédiat (e.g., Law, Barnett, Yau, & Gray, 2014a). Pour favoriser ce type de maintien, il semble que les entraînements composés de multiples stimulations cognitives soient porteurs de dynamiques plus consolidées dans le temps, c'est-à-dire à partir de 10 séances d'entraînement (e.g., Cheng et al., 2012 ; McDougall et al., 2010). Ces évaluations ne sont néanmoins pas souvent réalisées. C'est pourquoi de récentes revues de littérature (Belleville, 2008 ; Huckans et al., 2013 ; Jean et al., 2010 ; Reijnders et al., 2013 ; Teixeira et al., 2012), ainsi que la revue Cochrane (Martin et al., 2011) recommandent la mise en place des tests de suivi, afin de connaître les impacts des entraînements cognitifs à long terme chez les personnes MCI.

Dans le cas du second objectif (i.e., qui cherche à savoir à quel moment la mise en place d'une nouvelle session d'entraînement est pertinente pour éviter la perte des bienfaits), il faudrait, selon les études, mettre en place des supports pour faciliter le maintien, illustrés par des sessions « booster » organisées une fois par mois, qui joueraient un rôle de consolidation des compétences (e.g., Borella et al., 2010 ; Cheng et al., 2012 ; Willis et al., 2006).

Conclusion

L'entraînement cognitif a été identifié comme un modérateur des déficits chez les personnes âgées. Chez les personnes MCI, même si les tendances sont bien à l'amélioration des performances cognitives, les revues de littérature ont du mal à se prononcer étant donné le faible nombre d'études et la variété des programmes.

Ce constat a également pu être observé au sein des entraînements cognitifs ciblés sur les fonctions exécutives. En effet, ceux-ci sont à l'heure actuelle encore peu nombreux, dotés de programmes d'intervention très disparates et pas entièrement focalisés sur les fonctions exécutives. Cependant, les résultats ponctuels de ces rares études tendent à montrer un potentiel dans les capacités d'amélioration des performances exécutives chez les sujets MCI (e.g., Gagnon & Belleville, 2012 ; Law et al., 2014b). De plus, ce type d'entraînement a fait part de résultats en faveur de transferts sur des performances de marche (Smith-Ray et al., 2013 ; Steinmetz & Federspiel, 2014 ; Verghese et al., 2010) chez des populations âgées et cognitivement plus faibles. Afin de compléter les observations dans ce domaine, il semble intéressant de mettre en

place un entraînement ciblé sur les fonctions exécutives, à priorité variable et à difficulté au plus proche du niveau de performance, sur des périodes de minimum six semaines.

CONCLUSION DU CHAPITRE

Les programmes d'activité physique et d'entraînements cognitifs ciblés sur les fonctions exécutives sont deux approches traditionnellement utilisées chez les sujets âgés sains, du fait de leur efficacité à améliorer les capacités cognitives et aussi potentiellement les capacités motrices de marche. Chez des sujets MCI, même si ces programmes d'entraînements présentent des bienfaits ponctuels, et par conséquent prometteurs, ceux-ci ont du mal à pouvoir être généralisés et affirmés.

Une première explication tiendrait au nombre de travaux encore faible et à une grande variété des études existantes. La récente revue de littérature de Horr et al. (2015), présente des conclusions difficiles à généraliser du fait de « l'hétérogénéité des sujets identifiés comme étant MCI et de la variabilité dans les interventions et mesures d'évaluation » (Horr et al., 2015, p. 141). Dans ce sens, la revue de littérature de Huckans et al. (2013) trouve que l'efficacité des interventions cognitives et physiques chez les MCI peut être considérée comme encourageante mais sans véritable conclusion. Pour répondre à cette limite, il serait intéressant de poursuivre (i.e., activité physique) ou initier (i.e., entraînement cognitif ciblé sur les fonctions exécutives) la mise en place de protocoles basés sur les recommandations actuelles pour améliorer les capacités cognitives et fonctionnelles de marche des personnes MCIex.

Une deuxième explication serait que les interventions isolées peuvent être trop simplistes au regard des natures complexes et multifactorielles des troubles cognitifs des sujets MCI (Fissler, Küster, Schlee, & Kolassa, 2013). En effet, nous avons pu voir au travers du chapitre un que les déficits des sujets MCI n'existaient pas qu'au niveau cognitif, mais semblaient aussi concerner l'état psychologique, et affecter les capacités motrices telles que la marche. Ainsi, alors que les déficits sont présents sur plusieurs fonctionnements, mettant donc en jeu des processus multiples, la stimulation à travers un seul type de stimuli pourrait paraître insuffisante. Cette hypothèse est clairement défendue à travers la littérature. En effet, Schneider et Yvon, (2013) regrettent que les interventions proposées aux personnes MCI soient ciblées sur un seul facteur pour influencer les performances cognitives. C'est pourquoi, pour avoir une action plus efficace et plus adaptée à leurs troubles, ils préconisent de mettre en place des études stimulant simultanément de multiples

facteurs pour influencer ou même ralentir les déclinés cognitifs. Dans ce sens, Teixeira et al. (2012) terminent leur revue de littérature sur les effets des thérapies non pharmacologiques chez les MCI, en proposant de mettre en place une intervention combinée d'activité physique et d'entraînement cognitif pour répondre aux difficultés transversales des profils MCI. Cette observation confirme que chez les sujets MCI, il est particulièrement important d'accroître le nombre et le type de stimulations pour répondre aux caractères multiples de leurs déclinés.

Par conséquent, pour tenter de répondre de manière suffisante et appropriée aux besoins spécifiques de cette population, la mise en place d'entraînements combinés d'activité physique et d'entraînement cognitif pourrait s'avérer être la réponse adéquate. La combinaison de ces deux stimulations est un concept récent, en plein essor. En effet, dans la très récente revue de littérature de Bherer (2015), cet auteur présente ce type de programme comme une piste majeure et porteuse d'espoir pour « booster » les fonctions cognitives des personnes âgées. Dans ce sens, Audiffren et al. (2011) terminent leur revue de littérature sur la pratique d'activité physique chez les personnes âgées, en proposant cette combinaison comme une des futures réflexions à engager et en se questionnant sur la nature des effets qui pourraient être observés : « Les effets combinés d'un programme d'activité physique aérobie et d'un entraînement mental [...] sont-ils sous-additifs, additifs ou sur-additifs ? » (Audiffren et al., 2011, p. 224).

Ce concept de stimulation combinée présente de nombreux avantages. Premièrement, il permet d'ajouter un attrait à la pratique d'activité physique, parfois considérée comme ennuyeuse par les personnes âgées (e.g., Audiffren et al., 2011 ; Hughes, Seymour, Campbell, Whitelaw, & Bazzarre, 2009). Deuxièmement, il pourrait apporter de la variété dans les entraînements cognitifs, celle-ci étant présentée comme facilitatrice de meilleures performances cognitives sur des tâches non travaillées en entraînement. De manière complémentaire, Pichierri et al. (2011), soulignent au sein de leur revue de littérature l'intérêt de proposer des exercices physiques avec une tâche cognitive pour majorer les transferts de performances sur des tâches motrices. De plus, ils soulignent l'intérêt d'étudier les retombées de ce type d'entraînement sur le plan cognitif mais aussi sur le plan moteur. Troisièmement, les mécanismes mis en jeu dans les entraînements physiques et cognitifs pourraient amorcer : i) s'ils sont pratiqués en même temps, des synergies engendrant des majorations des bienfaits (e.g., Audiffren et al., 2011 ; Fissler et al., 2013 ; Kraft, 2012 ; Schneider & Yvon, 2013) ; ii) ou s'ils sont pratiqués séparément, un nombre de

stimulations plus importants favorisant la bonne santé cognitive (Fissler et al., 2013 ; Schneider & Yvon, 2013). Quatrièmement, la stimulation cognitive et physique effectuée en même temps produirait une situation de double tâche qui pourrait favoriser des améliorations sur ces situations particulièrement à risques chez la population des personnes âgées MCIex (Doi et al., 2014 ; Makizako et al., 2013). Dans ce sens, afin de diminuer les risques de chutes en double tâche et permettre aux personnes âgées de se déplacer plus sûrement, Segev-Jacobovski et al. (2011), proposent un programme d'intervention multimodale, « qui combine des thérapies motrices et cognitives » (Segev-Jacobovski et al., 2011, p. 1).

Au regard de ces précédents arguments, la mise en place d'un entraînement combiné d'activité physique et d'entraînement cognitif chez les personnes MCI prend tout son sens et semble être un moyen pertinent pour lutter efficacement contre les difficultés à la fois cognitives et fonctionnelles de marche des personnes MCIex.

Résumé chapitre 2

Chez les sujets MCI, les programmes d'activité physique et d'entraînement cognitif ciblés sur les fonctions exécutives engendrent des améliorations ponctuelles sur les capacités cognitives et motrices de marche. La généralisation de ces résultats est difficile du fait d'un nombre trop faible de travaux et d'une stimulation peut être trop simple au regard des natures complexes des troubles des MCI. Ainsi, la combinaison de ces deux modérateurs pourrait être le moyen de répondre de manière plus efficace aux difficultés des sujets MCIex.

CHAPITRE 3 – PROGRAMME SIMULTANÉ D’ACTIVITÉ PHYSIQUE ET D’ENTRAÎNEMENT COGNITIF : IMPACT MAJORÉ ET TRANSFÉRABLE ?

À partir des deux champs littéraires de l’activité physique et de l’entraînement cognitif, plusieurs questions portant sur la combinaison des entraînements guident notre réflexion : Quelle est la meilleure manière de combiner ces deux programmes d’intervention pour espérer des bénéfices ? La pratique combinée de deux modérateurs va-t-elle engendrer des effets majorés ? Les potentiels bénéfices de l’entraînement combiné ne devraient-ils pas être davantage observés sur des situations de double tâche ? Ainsi, ce chapitre a pour objectif de déterminer comment pourrait s’opérer la pratique d’un programme combinant entraînement cognitif et activité physique, afin de générer des bénéfices sur le maintien de la vitalité cognitive et motrice de sujets MCI. Les études menées sur ce type de travaux ont comme objectif premier d’observer les bienfaits de la réunion de ces deux facteurs modérateurs sur la cognition et la motricité. Dans un second temps, certaines d’entre elles cherchent à quantifier et à qualifier les effets de ce type de programme en comparant les améliorations des entraînements combinés à des groupes entraînés de manière simple (activité physique ou entraînement cognitif).

À l’heure actuelle, la dénomination des différents entraînements combinés ne renvoie pas encore à des termes précis. Par conséquent, nous avons dû élaborer et nommer notre propre classification afin de réunir des entraînements comparables méthodologiquement. Aussi, pour traduire aux lecteurs des situations temporelles précises et répondre aux synergies des mécanismes sous-jacents des deux modérateurs (e.g., Kraft, 2012), nous avons identifié et classé les programmes combinant de l’activité physique à un entraînement cognitif en deux grandes catégories : les entraînements séquentiels et les entraînements simultanés (Figure 8).

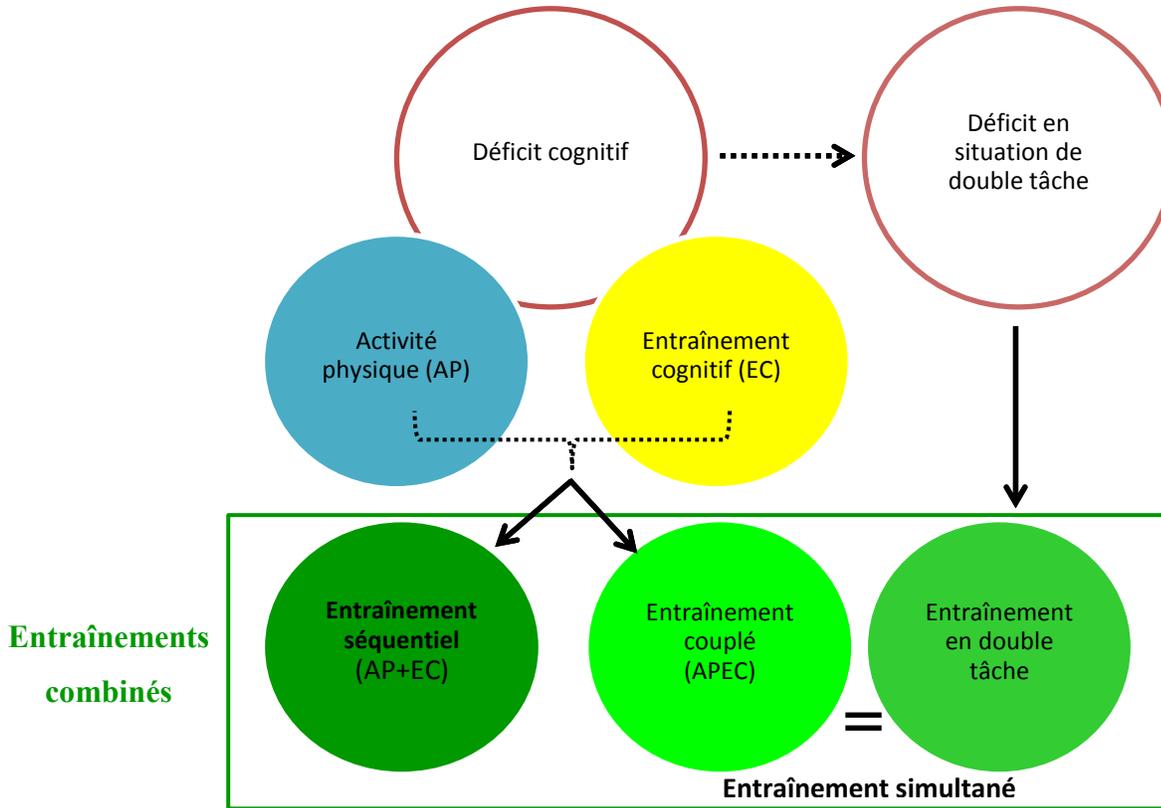


Figure 8. Illustration des différents types d'entraînements combinés

1. IMPACTS DES ENTRAÎNEMENTS SÉQUENTIELS (AP+EC) SUR LE VIEILLISSEMENT COGNITIF ET MOTEUR

1.1. Caractéristiques

Les entraînements séquentiels (i.e., AP+EC) consistent à pratiquer un programme d'activité physique et d'entraînement cognitif, de manière différée dans le temps (e.g., les participants effectuent une séance d'activité physique puis une séance d'entraînement cognitif dans la même journée ou semaine). Ce concept est issu de la littérature des entraînements où les études cherchent à observer l'effet de cumulation de ces différentes interventions. Par ce moyen, on suppose de meilleurs bénéfices d'un point de vue quantitatif (i.e., nombre de variables améliorées plus élevé) et/ou qualitatif (i.e., plus grande amplitude d'améliorations au sein d'une même variable). Pour réussir à prouver scientifiquement ces majorations, la démarche méthodologique nécessite la mise en place d'un groupe contrôle, d'un groupe d'activité physique, d'un groupe

d'entraînement cognitif, et d'un groupe AP+EC. Elle est par conséquent très lourde et de nombreuses études ne réunissent pas à mettre en place l'ensemble de ces groupes. Par conséquent, nous avons classé les études suivant leur qualité méthodologique. Une première partie de la littérature s'intéresse à l'impact de l'entraînement AP+EC vis à vis d'un groupe contrôle passif (Kurz et al., 2009 ; Miller et al., 2012 ; Olazarán et al., 2004 ; Small et al., 2006). Une deuxième partie de la littérature cherche à observer l'impact de l'entraînement AP+EC vis-à-vis de groupes contrôle actifs, correspondant à des groupes d'activité physique seule et/ou d'entraînement cognitif seul, afin de montrer un effet spécifique de cet entraînement (Fabre, Chamari, Mucci, Missé-Biron, & Préfaut, 2002 ; Linde & Alfermann, 2013 ; Oswald et al., 2006 ; Shatil, 2013).

1.2. Impact des entraînements AP+EC

1.2.1. Vis-à-vis d'un groupe contrôle passif¹⁰

Les six études identifiées dans cette littérature se sont toutes intéressées à une population atteinte de troubles cognitifs (i.e., MCI, maladie de Parkinson et maladie d'Alzheimer). L'intérêt porté à cette population justifie d'une manière théorique la tendance actuelle consistant à mettre en place des stimulations multiples auprès de ce profil de personnes. Sur le plan cognitif, les bienfaits décrits dans les études portent sur le fonctionnement global (i.e., MMSE , ADAS-cog ; Olazarán et al., 2004), sur les mécanismes de la mémoire, comme l'encodage (i.e., HVLT-R ; Hopkins Verbal Learning Test-Revised ; Miller et al., 2013), sur le rappel de nouvelles informations (i.e., Welchsler Memory Scale-III Verbal Paired Associates ; Miller et al., 2013), sur la mémoire épisodique verbale (i.e., California Verbal Learning Test ; Kurz et al., 2009) et non verbale (i.e., rappel de la figure complexe de Rey ; Kurz et al., 2009), et sur le contrôle exécutif (i.e., test sur la fluence verbale ; Small et al., 2006).

Parallèlement, les entraînements combinés de manière séquentielle améliorent les capacités fonctionnelles à travers des échelles d'activités de vie quotidienne (Functional Activities Questionnaire, Olazarán et al., 2004 ; Bayer Activities of Daily Living, Kurz et al., 2009), et

¹⁰ Le groupe contrôle passif correspond à un groupe qui ne participe à aucune activité. Les participants de ce groupe ne doivent pas modifier leur vie quotidienne durant la durée de l'expérimentation.

l'humeur des personnes âgées (Geriatric Depression Scale, Olazarán et al., 2004 ; Beck Depression Inventory, Kurz et al., 2009).

Ces résultats sont donc encourageants. Néanmoins, ces conclusions sont à manipuler avec beaucoup de précaution étant donné l'absence de comparaison à un groupe d'entraînement simple (de Bruin, van Het Reve, & Murer, 2013 ; Kurz et al., 2009 ; Miller et al., 2012 ; Olazarán et al., 2004 ; Small et al., 2006). En effet, sans ce dernier groupe, il est impossible de conclure à une majoration de l'effet de la combinaison des deux entraînements. C'est pour cette raison que nous allons davantage nous intéresser aux études avec un groupe actif.

1.2.2. Vis-à-vis d'un groupe contrôle actif (AP et/ou EC)

Les études regroupant ces différents entraînements cherchent à évaluer, en plus de la simple observation des effets des entraînements séquentiels, les effets spécifiques que la réunion de deux facteurs modérateurs (AP+EC) peut produire en plus. En effet, ici, le but est de déceler une qualité et une quantité d'effet propres aux entraînements séquentiels en comparant le groupe AP+EC par rapport à des groupes d'entraînement simple (AP et/ou EC).

Les études seront présentées selon leur design méthodologique afin de pouvoir cibler les effets spécifiques de l'entraînement AP+EC (Barnes et al., 2013 ; de Bruin et al., 2013 ; Fabre et al., 2002 ; Legault et al., 2011 ; Linde & Alfermann, 2013 ; Oswald et al., 2006 ; Shatil, 2013). En revanche, le faible nombre de travaux ne permet pas de cibler nos recherches uniquement sur les profils MCI. Par conséquent, les présentations des différents travaux indiqueront à chaque fois le type de population de l'étude.

1.2.2.1. AP+EC vs AP

Une seule étude a été construite avec ce type de design. Les travaux de de Bruin et al. (2013) ont regardé les effets des entraînements AP+EC et activité physique seul sur la marche en situation de double tâche. Seize sujets vivant en maison de retraite ont participé à des séances de 45 minutes deux fois par semaine pendant 12 semaines sur le travail de la force et de l'équilibre. Le groupe AP+EC a reçu en plus trois à cinq fois par semaine des séances d'entraînement cognitif stimulant l'attention. Après l'entraînement, les personnes du groupe AP+EC améliorent

leur temps de réaction au niveau du pied, et diminuent leur coût de double tâche¹¹ (i.e., DTC, Albinet, Bernard, & Palut, 2006) sur les paramètres vitesse, cadence et temps du pas. Parallèlement, les participants du groupe AP n'ont pas amélioré leurs performances sur l'ensemble des tests. Par conséquent, la combinaison des deux entraînements montre dans des situations de double tâche, un avantage par rapport à la simple stimulation d'activité physique.

1.2.2.2. AP+EC vs EC vs C

Les travaux de Barnes et al. (2013), cherchent à examiner les effets des entraînements combinés sur les fonctions cognitives de 126 adultes âgés sédentaires présentant une plainte mnésique¹². Les sujets étaient répartis en 4 groupes : AP+EC, AP, EC et contrôle actif (avec des exercices cognitifs et physiques de natures différentes). Les entraînements d'activité physique (i.e., aérobie), ainsi que les entraînements cognitifs (i.e., programme sur ordinateur), étaient réalisés trois fois une heure par semaine durant 12 semaines. Le groupe contrôle actif avait le même nombre de séances, qui stimulait les capacités cognitives à l'aide de lecture éducative sur l'art, l'histoire et de visionnage de DVD, ainsi qu'à travers un entraînement physique composé d'exercices de souplesse, de relaxation, de renforcement et de tonification. Les résultats de cette étude montrent une amélioration « globale » de la cognition sur des scores attentionnels quels que soient les groupes (i.e., AP+EC, EC, AP et contrôle). Il n'y a pas de différence entre les groupes. Ainsi d'après ces résultats, on peut considérer que le groupe contrôle apporte les mêmes bienfaits que les groupes d'entraînements ciblés. Les auteurs expliquent ces résultats par, premièrement, un temps d'entraînement trop court et pas assez intense qui ne permet pas à l'activité physique aérobie de mettre en place tous ses bienfaits cognitifs, et deuxièmement, par un choix inapproprié ou pas assez sensible des tests cognitifs mis en place pour évaluer les entraînements. De plus, ils défendent l'idée que ce n'est pas le type d'entraînement qui favorise les bienfaits mais bien la quantité délivrée. En effet, les participants du groupe contrôle actif avaient de nombreuses

11

12 D'après Dubois & Agid (2002), la plainte mnésique est un trouble subjectif, fréquent au cours du vieillissement normal puisqu'il touche jusqu'à 50 % des sujets âgés de plus de 55 ans. Elle témoigne le plus souvent d'une diminution des ressources attentionnelles, pénalisant les capacités d'enregistrement des informations ou de leur récupération.

séances dans lequel ils étaient stimulés par une grande variété de stimuli. Ainsi, les bienfaits des entraînements combinés AP+EC ne sont pas mis en évidence dans cette étude.

Deux travaux montrent des bienfaits majorés des entraînements séquentiels chez les personnes âgées saines. Tout d’abord, les travaux d’Oswald et al. (2006), ont étudié l’effet de 30 semaines d’entraînement sur des fonctions cognitives, physiques, ainsi que sur des scores de statut émotionnel et d’échelle de vie quotidienne. Trois cent soixante-quinze personnes de plus de 75 ans se répartissent dans cinq groupes. On ne s’intéressera qu’aux groupes AP, EC, C (groupe contrôle passif) et AP+EC. Les participants du groupe EC se rendent une fois par semaine durant 90 minutes aux entraînements. Les participants du groupe AP participent une fois par semaine, 45 minutes à une activité physique. Le groupe AP+EC suit les deux séances d’entraînement. D’après le Tableau 1, dès la fin de l’entraînement, le groupe AP+EC montre des résultats positifs sur un plus grand nombre de variables, par rapport aux autres groupes. Cependant, il n’a pas été identifié d’effet significativement majoré du programme AP+EC lorsque les autres entraînements améliorent aussi une même variable. Afin de vérifier les effets de l’entraînement dans le temps, les participants entraînés sont réévalués cinq années plus tard. Les tests rendent compte de différences significatives par rapport au groupe contrôle, en faveur du groupe AP+EC sur l’ensemble des groupes de variables testées, excepté les compétences de vie quotidienne. En conclusion, les auteurs suggèrent que les meilleurs bénéfices observés sont directement associés à la pratique des entraînements combinés AP+EC, que ce soit juste après l’entraînement ou cinq ans plus tard.

Tableau 1. Résultats de l'étude d'Oswald et al. (2006)

	FONCTIONS COGNITIVES		FONCTIONS PHYSIQUES		STATUT ÉMOTIONNEL		COMPÉTENCES DE VIE QUOTIDIENNE	
	<i>Post test immédiat</i>	<i>Post test à 5 ans</i>	<i>Post test immédiat</i>	<i>Post test à 5 ans</i>	<i>Post test immédiat</i>	<i>Post test à 5 ans</i>	<i>Post test immédiat</i>	<i>Post test à 5 ans</i>
AP	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
EC	d = 0.95	d = 0.35	ns	ns	ns	ns	ns	ns
AP+EC	d = 1.14	d = 0.75	d = 0.78	d = 0.01	d = 0.47	d = 0.26	d = 0.27	ns
C	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Afin d'expliquer ces résultats, les auteurs se basent sur les deux hypothèses issues des littératures des entraînements physiques et cognitifs : l'hypothèse métabolique et l'hypothèse de la plasticité cérébrale. Ils supposent que grâce à l'activité physique, l'activité métabolique du cerveau augmente. En revanche, ils considèrent que les mécanismes des bienfaits de l'activité physique ne pourraient être complètement exploités que s'il existe une demande cognitive pour cela. En effet, de nombreux travaux ont montré que les performances cognitives (i.e., tâche d'inhibition) étaient facilitées suite à une activation physique par des exercices d'aérobic modérée de 20 à 40 minutes (e.g., Davranche, Hall, & McMorris, 2009 ; Pontifex, Hillman, Fernhall, Thompson, & Valentini, 2009). Par conséquent, la demande cognitive pourrait majorer ces bienfaits. Elle correspond concrètement à un contexte d'effort cognitif. Ces efforts pourraient être induits notamment lors d'un entraînement cognitif. Cette combinaison serait donc pour les auteurs un moyen particulièrement adapté pour exploiter au maximum les mécanismes de chacun des modérateurs (i.e., activité physique et entraînement cognitif). Cette hypothèse semble expliquer l'intérêt spécifique de ce type d'entraînement. Il manque cependant pour compléter et garantir des explications des tests d'évaluations ciblés sur les capacités cardiorespiratoires (e.g., VO₂ max) et sur les fonctions exécutives, particulièrement sensibles à la pratique d'activité physique.

Pour répondre à ces limitations, Linde et Alfermann étudient l'impact des entraînements séquentiels sur des variables cognitives et cardiorespiratoires (Linde & Alfermann, 2013). En effet, les auteurs se sont intéressés à l'évaluation des capacités cognitives fluides telles que le raisonnement, les relations spatiales, la concentration, la vitesse de traitement, la vitesse cognitive, et la mémoire à court terme. Ils ont aussi pris en compte les capacités cardiovasculaires par le test de marche des deux kilomètres (Bös, 2003), ce qui leur permet d'avoir une estimation de la VO₂ max, ainsi que des variables sociales d'adhérence et d'acceptabilité du programme. Ils mettent en place pour 67 personnes âgées saines des programmes d'intervention durant 16 semaines. Le groupe AP se base sur les recommandations de l'American College of Sports Medicine (ACSM, 2006), et sur les travaux de Colcombe et Kramer (2003) et de Kramer, Colcombe, McAuley, Scalf, et Erickson (2005). Il effectue une activité aérobic modérée (70% du temps de séance) couplée à des étirements (10% du temps de séance) et à du renforcement musculaire (20% du temps de séance), deux fois par semaine pendant une heure. Les fréquences cardiaques cibles des participants sont calculées à partir de leur fréquence cardiaque de repos et

leur âge. Les séances du groupe entraînement cognitif se déroulent durant 30 minutes une fois par semaine. À l'aide d'un manuel d'exercices cognitifs développé par (Oswald et al., 1999 ; 2006), l'animation de la séance porte sur le travail d'une fonction cognitive, qui change à chaque séance. Le groupe AP+EC participe à l'ensemble des séances des entraînements suivis. Les post-tests se déroulent juste après l'entraînement et trois mois après la fin de l'entraînement. Les variables significatives sont notées dans le Tableau 2, complétées de leur taille d'effet.

Tableau 2. Résultats des paramètres cognitifs de l'étude de Linde & Alferman, 2013

Programme d'entraînement	À la suite de l'entraînement	3 mois après l'entraînement
EC	Concentration** $d = 0.88$	Vitesse cognitive* $d = 0.60$
AP	Concentration* $d = 0.51$	Concentration* $d = 0.46$
AP+EC	Vitesse cognitive** $d = 0.86$ Concentration* $d = 0.64$	Vitesse cognitive* $d = 0.56$

Note : * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$; d : taille d'effet

À partir de ces résultats, nous pouvons extraire certaines tendances. Premièrement, seules deux variables cognitives, la vitesse de traitement et la concentration, sont sensibles aux différents entraînements. Pour expliquer ces résultats, Linde et Alfermann se réfèrent à l'hypothèse de l'enrichissement cognitif d'Hertzog et al. (2008) qui postule que la participation dans une activité nouvelle et stimulante pourrait avoir un impact positif sur les performances cognitives même pour les personnes âgées. En effet, l'hypothèse métabolique ne peut pas être avancée ici car, sur le plan cardiorespiratoire, la VO_2 max est augmentée sur l'ensemble des groupes suite aux 16 semaines d'entraînements. Visiblement, le test de marche de 2 km utilisé pour estimer la VO_2 max n'apprécie pas bien les capacités cardiorespiratoires des sujets. Deuxièmement, il semblerait que les participants du groupe combiné AP+EC améliorent légèrement leurs performances sur un nombre plus important de variables cognitives (i.e., vitesse de traitement et concentration) par rapport aux participants des entraînements simples.

Cependant, il n'existe pas de différence significative entre les groupes sur les fonctions cognitives ayant progressées. Les auteurs supposent que les bienfaits élargis du groupe séquentiel seraient dus à la connivence de chaque modérateur. En effet, la pratique de l'activité physique et de l'entraînement cognitif pourrait apporter le développement de nouvelles liaisons cérébrales, vecteurs de plus nombreuses, bonnes performances cognitives. Troisièmement, des tailles d'effet modérées sont répertoriées au sein des groupes entraînement cognitif et AP+EC. Ces données corroborent les conclusions de Shatil (2013) qui soulignent l'importance du rôle de l'entraînement cognitif dans les effets bénéfiques des entraînements séquentiels. Enfin, les auteurs mettent en évidence un maintien des bénéfices à trois mois avec un p situé entre .05 et 0.10. D'après les auteurs, ces bienfaits maintenus pourraient s'expliquer principalement par des effets structurels permanents sur le cerveau comme l'hormone de croissance BDNF ou IGF-1, déclenché par la pratique d'activité physique.

Les bons résultats de ces deux études sont cependant atténués par l'existence de travaux n'ayant pas montré de résultats en faveur des entraînements AP+EC. En effet, trois travaux portant sur l'impact des entraînements séquentiels ne montrent pas, pour ce type d'entraînement, de meilleurs résultats que la pratique d'un entraînement simple chez les personnes âgées saines (Fabre et al., 2002 ; Legault et al., 2011 ; Shatil, 2013). L'étude de Fabre et al. (2002) s'intéresse à l'impact de huit semaines d'entraînement sur le fonctionnement cognitif (i.e., les informations générales, le quotient de mémoire, l'apprentissage de paires associées, l'indice d'attention concentration, l'orientation, le contrôle mental, la reproduction visuelle et le rappel logique immédiat) et les capacités cardiovasculaires (i.e., un test de VO_2 max). Les participants sont distribués de façon aléatoire dans quatre groupes : AP+EC ou EC ou AP ou C. Les résultats ont mis en évidence des améliorations significatives au niveau de la VO_2 max des groupes AP, AP+EC, respectivement +12% et +11% de la valeur avant entraînement. En revanche, il n'existe pas d'amélioration de cette variable au sein des autres groupes. Par ailleurs, sur le plan cognitif, le quotient de mémoire, l'apprentissage de paires associées et de rappel logique ont été augmentés significativement dans les trois groupes entraînés, sans différence significative entre les bénéfices de chaque groupe. Malgré une absence d'effet spécifique de l'entraînement séquentiel. L'existence d'un faible effectif et une durée d'entraînement trop courte sont les raisons avancées par les auteurs pour expliquer ces résultats.

Dans ce sens, l'étude de Legault et al. (2011) n'a pas observé non plus de différences significatives sur l'amélioration de variables cognitives entre trois groupes entraînés (AP vs EC vs AP+EC). Ces absences de différences significatives s'expliquent d'après les auteurs, par des participants peu nombreux et beaucoup de variabilité au sein de chaque groupe. Les auteurs favorisent donc l'observation des valeurs descriptives des interventions, en portant une attention particulière à l'adhésion des participants aux différents programmes. Le taux d'adhésion durant les quatre mois d'entraînement des participants est plus important dans le groupe d'entraînement cognitif (i.e., 96%) et le groupe séquentiel (i.e., 90%) par rapport au groupe d'activité physique (i.e., 76%). Ces observations mettent en lumière le caractère plaisant et attractif des programmes d'intervention. En effet, de nombreuses études d'intervention ont tendance à « perdre » des sujets, à cause souvent d'un manque d'intérêt. Ce type d'entraînement pourrait donc favoriser un comportement actif (AP) tout en maintenant une attractivité au long terme induisant plus de bénéfices. L'entraînement cognitif présente aussi un bon score d'adhésion au sein de ce programme et semble être moteur de l'adhésion à l'AP+EC.

Pour Shatil (2013) l'entraînement cognitif au sein des entraînements AP+EC, en plus d'être moteur d'adhésion, semble être moteur des bienfaits sur les fonctions exécutives. En effet, 122 sujets ont été partagés en 4 groupes : AP, EC, AP+EC et C (i.e., atelier lecture). L'entraînement cognitif consiste à répondre sur un ordinateur à des tâches cognitives variées du programme « Cognifit¹³ », personnalisé pour chacun. Le programme physique utilise un support vidéo « the fitness forever senior exercise » qui travaille la souplesse, le renforcement musculaire et l'endurance. À la suite de l'entraînement, le groupe AP n'a aucune amélioration. Les auteurs expliquent cette absence de résultats par un temps insuffisant de pratique d'activité aérobie (i.e., 15 minutes). Les autres résultats ne montrent une amélioration de la mémoire de travail et de l'attention focalisée et divisée que pour les groupes pratiquant un entraînement cognitif (i.e., EC et AP+EC). Ainsi, pour prévenir l'apparition de troubles cognitifs ou maintenir des capacités fonctionnelles, les auteurs de cette étude favorisent une prise en charge des personnes âgées par de l'entraînement cognitif simple ou combinée à une autre activité. Le rôle de l'entraînement cognitif paraît nécessaire à la mise en place d'interaction. De plus, il ajoute de l'attractivité au sein des interventions.

¹³ Nous pouvons noter que l'auteur appartient à l'entreprise « Cognifit » qui développe des logiciels de stimulation cognitive, utilisés au sein de cette étude.

1.3. Enjeux de la population MCI au sein des entraînements séquentiels

Les études sur les entraînements séquentiels semblent être particulièrement intéressées par la mise en place de ce type d'intervention chez les MCI pour prévenir l'apparition de la démence et pour répondre à leurs troubles cognitifs majorés et leurs troubles fonctionnels associés. Ainsi, dans le but de s'assurer de l'existence de bienfaits chez cette population, certaines études ont comparé les bienfaits des entraînements séquentiels entre la population de MCI et d'autres populations âgées.

Tout d'abord les travaux de Kurz et ses collaborateurs comparent l'impact d'un entraînement séquentiel (AP+EC) entre des sujets MCI et des sujets avec une démence Alzheimer. Le groupe Alzheimer ne présente aucun bénéfice suite à cet entraînement alors que le groupe de sujets MCI améliore les variables d'activités de tous les jours et l'humeur (Kurz et al., 2009). De plus, les travaux de González-Palau ont étudié l'impact d'un entraînement AP+EC sur des personnes âgées saines par rapport à des personnes âgées atteintes de MCI sur plusieurs variables cognitives (González-Palau et al., 2014). Les résultats de cette étude montrent que les effets des entraînements séquentiels (AP+EC) sur les personnes âgées normales comparées aux personnes âgées atteintes de MCI ne sont pas significativement différents. Malgré ces résultats, les auteurs de cette étude nous font part d'une tendance statistique de score de progression en faveur des sujets atteints de MCI. Ainsi, les auteurs défendent que les personnes atteintes de MCI auraient tendance à mieux bénéficier de l'entraînement combiné. Ces résultats rejoignent les conclusions de la revue de littérature de Law et al. (2014a) qui stipulent que les personnes MCI semblent davantage bénéficier des programmes d'entraînement que les personnes âgées saines, ou que les personnes atteintes de maladie d'Alzheimer, déjà un peu trop atteintes au niveau des processus cognitifs du fait de leur pathologie avancée.

L'ensemble de ces résultats présente les personnes atteintes de MCI comme tout à fait sensibles aux entraînements simples et encore plus aux entraînements séquentiels.

1.4. Analyse et recommandations des entraînements séquentiels

Au regard de ces études, il existe quelques tendances théoriques, même si le faible nombre de travaux sur ce type d'entraînement oblige à beaucoup de précautions. Tout d'abord, ce type

d'entraînement présente des améliorations sur la cognition (de Bruin et al., 2013 ; Kurz et al., 2009 ; Miller et al., 2012 ; Olazarán et al., 2004 ; Small et al., 2006) et plus particulièrement sur le fonctionnement exécutif (Barnes et al., 2009 ; Fabre et al., 2002 ; González-Palau et al., 2014 ; Linde & Alfermann, 2013 ; Oswald et al., 2006 ; Shatil, 2013 ; Small et al., 2006) et sur les capacités physiques (de Bruin et al., 2013 ; Fabre et al., 2002 ; Oswald et al., 2006).

Ces améliorations ne sont pas toujours significativement différentes de celles des autres programmes. En effet, les résultats de certaines études n'ont pas montré de différences significatives entre les bienfaits mis en place par les groupes AP+EC vis-à-vis des groupes simples. L'absence de résultats de ces études peut être alloué à un programme trop court (Fabre et al., 2002), ou physiquement pas assez stimulant (Shatil, 2013), ou un échantillon trop faible et variable (Legault et al., 2011). Cependant, deux travaux ont mis en évidence la singularité du groupe séquentiel. Le groupe AP+EC recense une valeur ajoutée sur le nombre de variables impactées par cet entraînement et non pas sur la « quantité » de l'effet engendré sur les variables améliorées (e.g., Linde & Alfermann, 2013 ; Shatil, 2013). Parallèlement, il semblerait que les participants entraînés dans les groupes séquentiels (AP+EC) maintiennent leurs bénéfices de manière plus pérenne (Linde & Alfermann, 2013 ; Oswald et al., 2006). L'effet des stimulations séquentielles permettrait donc de maintenir plus longtemps les capacités améliorées et par conséquent d'induire une protection plus longue contre l'apparition de la démence.

Parallèlement, ces résultats révèlent une faisabilité et une adhésion particulièrement forte portées par l'entraînement cognitif. Aussi, le choix d'un entraînement cognitif varié et plaisant peut fidéliser les participants aux programmes d'intervention d'activité physique et par conséquent, permettre une durée de pratique majorée induisant plus certainement la mise en place des bienfaits de l'activité physique.

Non traditionnelle, la combinaison séquentielle des deux activités à deux moments différents, induit une limite à la valorisation de ces résultats. En effet, les groupes AP+EC augmentent très largement leur temps de pratique, du fait de leur participation aux deux entraînements, par rapport aux groupes d'entraînement simple. Par conséquent, il semble d'une certaine manière logique d'observer de meilleurs résultats chez ce groupe que l'on pourrait qualifier de quantitativement plus stimulé. Ici, on pourrait considérer que ce n'est plus la qualité de l'entraînement que l'on évalue mais plutôt la quantité de stimulation délivrée aux participants, ce qui n'est pas l'objectif décrit de ces études. De plus, le caractère séquentiel des entraînements

présentés précédemment néglige les potentielles synergies de ces deux modérateurs (e.g., Bamidis et al., 2014 ; Fissler et al., 2013 ; Theill, Schumacher, Adelsberger, Martin, & Jäncke, 2013).

2. IMPACTS DES ENTRAÎNEMENTS SIMULTANÉS SUR LE VIEILLISSEMENT COGNITIF ET MOTEUR

2.1. Idée novatrice

Au regard des limites des entraînements séquentiels, des études longitudinales récentes suggèrent que les loisirs contenant des composants cognitif, physique et social réunis dans une même activité peuvent être plus avantageux que des activités contenant seulement un composant (e.g., Akbaraly et al., 2009 ; Karp et al., 2006 ; Paillard-Borg, Fratiglioni, Winblad, & Wang, 2009 ; Wang et al., 2013). Karp et al. (2006) identifient en effet dans la littérature ces trois dimensions comme étant particulièrement importante au sein des loisirs protecteurs du risque de démence. Les loisirs ont souvent été classés dans les précédentes études suivant leur principale composante. Or ils peuvent incorporer simultanément plusieurs de ces trois aspects. À titre d'exemple, la danse est une activité physique qui contient de l'interaction sociale, ainsi qu'un certain degré d'implication cognitive. Par conséquent, caractériser une activité par une dimension principale pourrait amener à une sous-estimation des autres composantes. C'est pour ces différentes raisons que l'étude de Karp s'intéresse à contrôler les effets simples et combinés des dimensions cognitives, physiques et sociales des loisirs des personnes âgées, sur le risque de démence. La population de l'étude est composée de 776 personnes non démentes âgées de 75 et plus, vivant indépendamment. Les résultats s'expriment en risques relatifs de développer une démence (1.0 correspondant au maximum de risques). Plus cet indice est élevé et plus il existe un risque important de développer une démence. Les résultats de cette étude ont montré que les risques relatifs de démence pour les sujets avec de hauts scores de stimulation mentale ou physique ou sociale sont respectivement de : 0.71 (IC95%: 0.49–1.03), 0.61 (IC95% : 0.42–0.87) et 0.68 (IC95% : 0.47–0.99). De plus, ces résultats révèlent aussi que les sujets ayant des hauts scores dans les trois dimensions bénéficient d'une meilleure protection 0.57 (0.37–0.89), mais surtout s'ils ont des bons scores dans deux composantes 0.37 (0.21–0.65). Les résultats de cette

étude suggèrent donc que les activités contenant un spectre plus important de composants paraissent plus avantageuses que les activités impliquant un seul composant. Dans ce sens, les travaux de Paillard-Borg et al. (2009) ainsi que ceux de Wang et al. (2013) soutiennent à travers deux études longitudinales portées sur les activités de loisirs et les risques de démence, que les activités de loisirs impliquant plusieurs composants sont plus protectrices contre les risques de démence que les activités à une seule composante. De plus, ils introduisent la notion de dose-réponse qui souligne que plus les personnes sont actives et plus elles se protègent de la conversion en démence.

Ces études ont encouragé le développement des approches multi-domaines cherchant à ralentir le déclin cognitif. Ainsi, certains auteurs promeuvent la mise en place de la simultanété dans les études d'intervention (Kelly et al., 2014 ; Schneider & Yvon, 2013 ; Teixeira et al., 2012). Pour Schneider et Yvon (2013), la mise en place d'un programme simultané est une stratégie attractive pour la prévention de pathologies d'origine multifactorielle. Parallèlement, les revues de littérature de Teixeira et al. (2012) et Kelly et al. (2014) trouvent que l'apport d'une nouvelle stimulation durant les programmes d'entraînement cognitif pourrait favoriser la variabilité des stimuli et donc majorer les bienfaits.

De manière plus spécifique les travaux de Fissler et al. (2013) et Shatil, (2013) soulignent que le caractère simultané des programmes d'activité physique et d'entraînement cognitif pourrait être crucial pour favoriser la neuroplasticité. Des précisions sur ce mécanisme seront ajoutées dans la suite du document. De plus, ces situations simultanées correspondent à des situations de double tâche, qui sont des tâches difficiles et à risques chez les personnes avec des troubles cognitifs. D'ailleurs, Mourey et Manckoundia (2009), préconisent, après avoir présenté les difficultés cognitives et motrices des personnes démentes, de mettre en place des rééducations en double tâche cognitive et physique chez cette population.

La simultanété des programmes d'activité physique et d'entraînement cognitif semble donc être une bonne stratégie pour améliorer les bienfaits, favoriser la neuroplasticité et répondre aux déficits des profils cognitifs en déclin.

Parmi les programmes simultanés couplant de l'activité physique et un entraînement cognitif, il existe deux « types » d'intervention qui sont issus de deux littératures différentes : les entraînements en double tâche cognitive et motrice (DTCM), et les entraînements couplant en

même temps des programmes d'activité physique et d'entraînement cognitif (APEC). Nous avons rapproché ces deux entraînements de par leurs propriétés communes sur la pratique d'une activité physique en même temps que la pratique d'une stimulation cognitive. La différence de terminologie issue de leur approche distincte ne semble pas montrer de trop importantes discordances dans leur méthodologie pour ne pas pouvoir les rapprocher au sein d'une même partie.

2.2. Impacts des entraînements simultanés de double tâche cognitivo-motrice sur le vieillissement cognitif et moteur

Les entraînements en double tâche cognitivo-motrice (e.g., marche et sollicitation cognitive) ont été mis en place dans le but d'améliorer des situations de double tâche, particulièrement à risques chez les personnes âgées. L'origine de cet objectif semble être l'observation des diminutions de performances motrices et cognitives en situation de double tâche cognitivo-motrice (cf. chapitre I). De plus, ces conditions doubles se rapprochent des situations de vie quotidienne qui sont très souvent des situations mettant en jeu des tâches cognitives et motrices (i.e., aller faire ses courses, traverser aux passages piétons, faire une promenade avec sa voisine). La pratique de ce type d'entraînement pourrait donc avoir des répercussions dans la vie réelle et augmenter les capacités fonctionnelles des personnes âgées. Leur programme comporte donc un programme physique couplé à une tâche cognitive plus ou moins complexe, comme par exemple une tâche de squat et une de décompte (e.g., Evans, Greenfield, Wilson, & Bateman, 2009 ; Marmeleira, Godinho, & Fernandes, 2009 ; Tappen, Roach, Applegate, & Stowell, 2000 ; Vaillant et al., 2006). Le travail cognitif effectué durant ces programmes est assez varié. En effet, certains programmes se présentent plus comme des occupations cognitives, que des entraînements cognitifs (i.e., défini au chapitre 2). Les entraînements sont donc présentés suivant le niveau de charge cognitive demandée.

2.2.1. Entraînement en double tâche musicale

Des entraînements simultanés sont mis en place avec comme tâche cognitive non principale, la perception de la musique. La musique a une demande attentionnelle que l'on peut caractériser comme faible. D'ailleurs, l'étude d'Evans et al utilise cette graduation de demande cognitive afin

d'augmenter la difficulté de son entraînement. Ils passent d'une marche rythmée sur la musique à une énumération de noms d'animaux (Evans et al., 2009). L'étude transversale de Kressig, Allali, et Beauchet (2005), expose une possibilité de diminuer les risques assimilés à la baisse des performances en double tâche (e.g., chutes, démences, performances cognitives) en pratiquant des tâches motrices en musique. Depuis, certaines études ont repris ce principe dans des protocoles d'interventions sur des personnes âgées chuteuses (Trombetti et al., 2011) ou atteintes de la maladie de Parkinson (de Bruin et al., 2010). Leurs conclusions sont identiques : il existe une amélioration significative de la variabilité de la longueur du pas (de Bruin et al., 2010 ; Trombetti et al., 2011) et une tendance à l'amélioration des autres paramètres de marche sous double tâche suite à la pratique de ces programmes (e.g., de Bruin et al., 2010).

Même si les programmes couplés à la perception de la musique répondent au besoin d'améliorer le déclin des capacités de double tâche chez la personne âgée, et présentent des résultats encourageants sur les transferts en situation de marche en double tâche, la sollicitation semble toutefois trop simple pour espérer augmenter les capacités cognitives.

2.2.2. Entraînement en double tâche avec une demande cognitive

Précédemment, nous avons pu observer que, lors du vieillissement, les performances cognitives et de double tâche étaient diminuées de manière générale, mais plus accentuées pour les personnes aux profils cognitifs diminués comme les sujets MCI. De plus, au regard des déficits des fonctions exécutives fortement liés à une augmentation de l'instabilité de la marche (e.g., Allali et al., 2010 ; Woollacott & Shumway-Cook, 2002), le travail en double tâche apporterait une solution, fortement encouragée pour stimuler aussi bien les fonctions cognitives que la marche (e.g., Pedroso et al., 2012 ; Suzuki et al., 2012 ; Tappen et al., 2000). Nous présenterons les études des entraînements en double tâche avec une demande cognitive (DTCM) suivant les déficits de la population d'étude.

2.2.2.1. Chez les personnes âgées saines

Deux études se sont intéressées à ce type d'entraînement chez les personnes âgées saines. Les entraînements en DTCM tendent à apporter des bienfaits sur les performances en double tâche là où les groupes sans double sollicitation n'arrivent pas à améliorer ces situations complexes. Lors de l'évaluation en double tâche, les travaux montrent des améliorations dans les mesures

cognitives attentionnelles (Marmeleira et al., 2009) et fonctionnelles de marche illustrées par l'augmentation de la vitesse de marche et la diminution de la variabilité de la marche (Pichierri, Murer, & de Bruin, 2012). De plus, on remarque que les bienfaits de ce type d'entraînement semblent particulièrement importants sur les tests fonctionnels de marche, comparé au groupe physique simple. Ainsi, les entraînements DTCM apporteraient un bienfait plus grand sur les situations de double tâche et non sur les tests neuropsychologiques. Ces premiers résultats sont néanmoins à utiliser avec précaution car le manque de groupe d'entraînement simple (Marmeleira et al., 2009), ou contrôle (Pichierri et al., 2012 ; Vaillant et al., 2006) ainsi que le faible nombre de travaux d'intervention limitent ces conclusions encourageantes.

2.2.2.2. Chez les personnes âgées chuteuses

Les personnes âgées chuteuses ou ayant des risques accrus de chute sont connues pour être particulièrement instables en situation de double tâche (e.g., Sheridan, Solomont, Kowall, & Hausdorff, 2003 ; Springer et al., 2006) et avoir des performances exécutives moins bonnes (Sheridan et al., 2003 ; Yogev-Seligmann et al., 2008). C'est pourquoi il semble intéressant d'étudier l'impact des entraînements en double tâche chez cette population (e.g., Brauer et al., 2011 ; Pichierri et al., 2012). Les deux études identifiées dans cette littérature, que l'on pourrait qualifier de préliminaires étant donné leur faible nombre de participants ($n = 7$; Yogev-Seligmann, Giladi, Brozgol, & Hausdorff, 2012 ; $n = 13$; You et al., 2009), montrent des bienfaits des entraînements en DTCM lors de situations de double tâche. Elles présentent des améliorations aussi bien sur des paramètres fonctionnels de marche, illustrés par une augmentation de la vitesse et une diminution de la variabilité (Yogev-Seligmann et al., 2012), que sur des paramètres cognitifs de mémoire de travail (You et al., 2009). Ces nouveaux éléments au sein de cette population confirment les premières conclusions chez les personnes âgées. Elles stipulent que les bénéfices des entraînements DTCM portent sur les situations de double tâche de marche tant sur le plan cognitif que sur les capacités fonctionnelles de marche.

2.2.2.3. Chez les sujets atteints de la maladie d'Alzheimer

Tout d'abord, l'étude de Tappen et al. (2000) cherche à comparer trois programmes : des programmes de marche aidée d'une personne, de marche combinée à de la conversation et de conversation seule. Les résultats indiquent que la marche combinée à de la conversation pourrait

davantage contribuer au maintien des capacités fonctionnelles de marche chez les malades d'Alzheimer, par rapport aux programmes simples, qui n'apporteraient pas assez de stimulation à l'ensemble des troubles des patients. Dans ce sens, les travaux de Schwenk, Zieschang, Oster, & Hauer, (2010) ajoutent un élément sur les types de double tâche impactés par ce type d'entraînement. Les auteurs montrent que les bienfaits des entraînements en DTCM sont meilleurs sur les tâches les plus complexes de double tâche, par rapport à un entraînement physique simple, le programme en double tâche développant de plus grandes capacités en double tâche surtout dans des situations complexes. Les résultats de ces deux études ne portent malheureusement que sur le versant physique des tests fonctionnels.

Les trois études suivantes s'intéressent à l'ensemble des domaines impactés par le travail en DTCM et utilisent un programme d'entraînement composé d'activités physiques variées. Elles sont basées sur un même protocole, mis en place par Pedroso et al. (2012) pour évaluer l'impact des entraînements en DTCM sur différents domaines. Ce protocole partage en deux groupes la population d'étude. Le programme du groupe entraînement porte sur l'accomplissement de tâches de coordination, de renforcement musculaire, d'activité aérobie, de souplesse, d'équilibre et d'agilité tout en exécutant une tâche cognitive (i.e., comme réagir à de la musique ou citer des noms d'animaux). Le groupe contrôle n'a reçu aucune intervention particulière. Les séances se déroulaient durant 60 minutes, trois fois par semaine sur des jours non consécutifs pendant 16 semaines. L'étude de Pedroso et al. (2012) s'est intéressée à l'impact de ce type de programme sur les fonctions exécutives et sur l'équilibre. Celle de Coelho et al. (2013) a analysé les fonctions exécutives et les paramètres de marche en simple et double tâche, tandis que celle de De Andrade et al. (2013) a observé les fonctions exécutives, le contrôle postural et les capacités fonctionnelles de marche. Dans l'ensemble des études, les résultats ont montré une amélioration des processus exécutifs et des capacités fonctionnelles de marche à la suite de l'entraînement en DTCM. Ainsi la marche en simple tâche (i.e., longueur de l'enjambée ; Coelho et al., 2013), et l'équilibre en simple (i.e., Berg Balance Scale ; Pedroso et al., 2012) et double tâche (de Andrade et al., 2013) ont été améliorés à la suite de ce programme. De plus, Coelho et al. (2013) ont montré que le groupe contrôle a diminué ses performances dans le test exécutif de l'horloge (i.e., Clock drawing test) et a augmenté le nombre d'erreurs de comptage au cours de la double tâche de marche après la même période.

Ces études nous apportent des éléments intéressants. Tout d'abord, les DTCM chez des profils cognitifs pathologiques confirment leurs bienfaits pour améliorer les performances cognitives (Coelho et al., 2013 ; de Andrade et al., 2013 ; Gobbi et al., 2013 ; Pedroso et al., 2012) et fonctionnelles de marche (de Andrade et al., 2013 ; Pedroso et al., 2012 ; Schwenk et al., 2010 ; Tappen et al., 2000). De plus, sachant que le déclin cognitif est accéléré chez les personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer, le maintien d'un même niveau de performances paraît déjà un résultat encourageant pour cette population (Coelho et al., 2013 ; Tappen et al., 2000). Enfin, les tâches travaillées en entraînement de DTCM ne correspondant pas aux tâches évaluées en pré et post-test. Les bienfaits illustrés sur ces tâches sont donc particulièrement intéressants car ils illustrent le transfert des gains de ces entraînements sur d'autres capacités, et particulièrement celles mesurées en situation en double tâche (de Andrade et al., 2013 ; Schwenk et al., 2010 ; Tappen et al., 2000).

2.2.2.4. Chez les sujets atteints de MCI

À partir du même protocole expérimental, Suzuki et al. (2012) et Makizako et al. (2012) s'intéressent à évaluer, chez 50 sujets aMCI, les effets d'un programme DTCM sur le plan cognitif (Suzuki et al., 2012) puis sur le plan fonctionnel (Makizako et al., 2012). Les exercices ont été effectués dans des conditions de multi-tâches pour stimuler l'attention et la mémoire. Cinquante personnes âgées ont été randomisées soit dans un groupe d'entraînement ($n = 25$) soit dans un groupe contrôle ($n = 25$). Le programme d'entraînement se déroulait pendant 90 minutes par jour, deux jours par semaine pendant 12 mois. Les participants du groupe contrôle ont assisté à trois cours d'éducation à la santé dans les six mois. Sur le plan cognitif, les tests ont porté sur le MMSE, le sous test de mémoire logique de la Wechsler, le test de codages de chiffres et lettres, le test de fluence verbale, et le test de Stroop. Les résultats présentent une amélioration du MMSE, du rappel immédiat de mémoire logique, et de la fluence verbale. L'hypothèse métabolique liée à la pratique d'activité physique semble être le support d'explication de ces bons résultats. Sur le plan moteur, les paramètres d'équilibre et de demandes cognitives ont été mesurés lors de trois conditions : i) debout ; ii) debout en comptant à l'envers ; iii) debout en marchant sur place. Les résultats ne montrent pas d'amélioration des performances en simple et double tâche dans le groupe entraîné. Cependant, les auteurs soulignent que la vitesse de marche tend à diminuer chez les personnes aMCI du groupe contrôle. Par conséquent, le maintien des capacités de marche au

niveau pré-entraînement pourrait être un résultat encourageant chez cette population en début de déclin. Les auteurs pensent que malgré tout, ces résultats sont dus à un temps de stimulation trop faible en double tâche (seulement 20% du temps de séance) et une stimulation en dessous du niveau de performance des participants. Ces conclusions sont en accord avec les observations de la revue de littérature de Pichierri et al. (2011), qui stipule que le transfert des compétences acquises en entraînements en double tâche sur d'autres situations de double tâche pourrait être favorisé lorsque l'entraînement en double tâche est pratiqué durant l'ensemble de la séance et effectué à un niveau de difficulté légèrement supérieur aux performances motrices et cognitives des personnes âgées MCI (pour revue, Makizako et al., 2012 ; Pichierri et al., 2011). Déjà identifié au sein des programmes simples d'activité physique et d'entraînement cognitif dans le chapitre II, ces recommandations semblent importantes à respecter aussi au sein des programmes en DTCM.

De nombreux travaux présentés sur les entraînements en DTCM font apparaître des bienfaits sur les variables cognitives et motrices en situation de simple et double tâche (e.g., Pichierri et al., 2012 ; Silsupadol et al., 2009 ; Yogev-Seligmann et al., 2012 ; You et al., 2009). Les entraînements en double tâche semblent donc avoir des effets favorables sur la réalisation des activités quotidiennes (i.e., double ou multi-tâches complexes). Ces résultats corroborent les conclusions de récentes revues de littérature de Wollesen & Voelcker-Rehage, (2014), et Pichierri et al. (2011), qui promeuvent les interventions en double tâche pour favoriser les transferts sur des situations de double tâche. Cependant, la qualité méthodologique de ces études peut être discutée. En effet, il existe une seule étude ayant un groupe d'entraînement de marche seul (Tappen et al., 2000), et aucune avec un groupe d'occupation cognitive seul, semblable aux stimulations délivrées au sein des séances du groupe d'entraînement en double tâche. Ainsi les bienfaits alloués à ce type d'intervention sont encourageants et incitent à poursuivre la mise en place d'études avec des designs méthodologiques plus complets, pour permettre d'extraire de solides observations sur les propres bienfaits de l'entraînement en double tâche. D'autant que d'autres travaux ne présentent pas d'améliorations significatives grâce à ce type de programme (Makizako et al., 2013 ; Tappen et al., 2000).

Pour répondre à ces variabilités de résultats et étendre les bénéfices des entraînements en double tâche sur un large spectre de variables, la revue de littérature Wollesen et Voelcker-

Rehage, (2014) estime nécessaire d'induire un certain niveau de « charge » d'exercices en jouant sur des difficultés croissantes, une intensité et une durée appropriées à chaque participant, avec des tâches d'entraînements ciblées et à priorité variable. En effet, même si la pratique de l'activité physique incluse dans ces types de programme apporte ses bienfaits, la tâche cognitive effectuée ne correspond qu'à une simple occupation cognitive, sans objectifs de performances. Les deux modérateurs ne sont donc pas au maximum de leurs potentiels. Ainsi, la mise en place d'entraînement d'activité physique couplé simultanément à un programme cognitif défini, stimulant et construit pourrait répondre à cette limite et proposer une intervention aboutie maximisant les chances de transferts sur les activités de tous les jours.

2.3. Programmes simultanés d'activité physique et d'entraînement cognitif (APEC) sur les performances exécutives et motrices des personnes âgées

Les entraînements d'activité physique couplés à des entraînements cognitifs pratiqués en simultané (APEC) consistent à accomplir ces deux programmes d'entraînement en même temps. Cela signifie, par exemple, pédaler à une intensité modérée et répondre oralement à des entraînements cognitifs de mémoire. Du fait du caractère novateur de ce type d'intervention, seules deux études se sont penchées sur les bienfaits des entraînements simultanés APEC chez des sujets sains et chez des patients atteints de maladie d'Alzheimer (Theill et al., 2013 ; Yoon et al., 2013). L'objectif principal de ce type d'intervention est d'observer si la simultanéité des entraînements d'activité physique et d'entraînement cognitif apporte de meilleurs effets quantitatif et/ou qualitatif par rapport aux interventions simples. Au regard des hypothèses des deux études, il est attendu que le groupe entraîné par un programme APEC transfère de plus grands bénéfices sur les tâches simples et présente des améliorations des performances de double tâche.

Afin de répondre à ces hypothèses, Theill et al. (2013), ont recruté 63 personnes saines âgées de 65 à 84 ans, qu'ils ont répartis aléatoirement dans trois groupes : APEC, EC ou contrôle. Le programme du groupe APEC consiste à coupler simultanément un entraînement de mémoire de travail avec une marche aérobie à intensité modérée sur tapis de course. Ce groupe est comparé à un groupe d'entraînement simple de mémoire de travail et un groupe contrôle passif. Vingt sessions de 30 minutes durant 10 semaines ont été mises en place. Le fonctionnement cognitif a

été évalué à partir d'un large panel de tests psychométriques mesurant l'attention sélective, l'apprentissage d'association de paires de mots, le contrôle exécutif, le raisonnement, la mémoire, et la vitesse de traitement de l'information. Les paramètres de marche tels que la vitesse et la variabilité ont été relevés en simple et double tâche. Les tests en double tâche consistent à marcher en soustrayant sept à partir des chiffres 501, 502 ou 503, tout au long du parcours de marche. Les résultats montrent une augmentation des scores cognitifs du contrôle exécutif pour les deux groupes entraînés. Cependant, seul le groupe simultané révèle une amélioration du score cognitif en simple tâche d'apprentissage de paires associées et une diminution significative de la variabilité de la marche en situation de double tâche. Ces résultats indiquent qu'il n'existe pas d'effet majoré qualitativement de l'entraînement simultané sur les variables améliorées, mais bien une amplitude d'impact plus grande sur le nombre de variables significativement améliorées. De plus, le groupe APEC suscite un transfert d'apprentissage sur l'évaluation de marche en double tâche en diminuant l'instabilité de celle-ci alors que le groupe cognitif n'améliore pas cette situation. Par conséquent, les entraînements de type APEC pourraient majorer le nombre de domaines cognitifs et moteurs atteints. Il apparaît cependant des limites à ces conclusions. Premièrement, l'absence de groupe d'entraînement physique aérobie seul ne permet pas de bien distinguer les bienfaits des différents entraînements. Deuxièmement, par soucis d'interprétation, l'absence d'évaluation des capacités cardiovasculaires restreint les hypothèses explicatives basées sur les métabolismes physiologiques mis en jeu pour améliorer les variables. Enfin, nous remarquons que l'activité physique aérobie pratiquée lors de l'entraînement simultané, ici la marche rapide, ainsi que les exercices de mémoire de travail sont proches de l'évaluation post test de marche en situation en double tâche (i.e., marche et tâche cognitive de la mémoire de travail). Cela signifie que les auteurs ont mis en évidence un transfert d'apprentissage proche des capacités travaillées durant les séances d'entraînement. Aussi, les potentielles applications sur d'autres doubles tâches ciblant par exemple d'autres fonctions exécutives restent en suspens.

En parallèle, l'étude de Yoon et al. (2013) s'est intéressée à l'impact d'un entraînement simultané APEC chez des sujets atteints de la maladie d'Alzheimer. L'objectif principal de ce travail est d'examiner les effets des entraînements simultané (APEC) et cognitif (EC) sur l'équilibre, la marche, la mémoire et la qualité de vie des participants (Yoon et al., 2013). Leur entraînement est donné à raison de trois fois 20 minutes par semaine durant 12 semaines.

L'entraînement cognitif correspond à un programme de stimulation de mémoire de travail. L'entraînement APEC consiste à effectuer des exercices physiques sur vélo à basse intensité en répondant simultanément aux demandes du programme cognitif de mémoire de travail. Les mesures pré et post tests évaluent l'équilibre par un auto-questionnaire de risque de chute (i.e., MFES), et par des tests dynamiques (i.e., Berg Balance Scale, BBS) et statiques (i.e., Wii board). Elles mesurent aussi les capacités cognitives générales à l'aide du MMSE et du seven minutes screening test, la mémoire à court terme et de travail à travers le digit span test, et enfin le statut psychologique par un questionnaire de dépression et de qualité de vie. Après l'entraînement, seul le groupe APEC améliore significativement l'ensemble des variables. En revanche le groupe entraînement cognitif n'a amélioré que les capacités cognitives générales du seven minute screening test. Parallèlement, les scores de progrès du groupe APEC (i.e., Score de progrès = Score du Post-test – Score du Pré-test) sont significativement différents du groupe entraînement cognitif sur l'ensemble des variables sauf sur la mémoire à court terme et l'évaluation cognitive globale du seven minute screening test.

Ces résultats sont très intéressants dans le sens où seul l'entraînement APEC a pu engendrer des bienfaits chez les personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer. La stimulation simultanée des deux modérateurs semble avoir engendré des bienfaits que l'entraînement cognitif seul n'a pas pu provoquer. Ce type d'entraînement évoque donc une manière plus efficace d'améliorer, chez des profils en déclin pathologique, les capacités d'équilibre, le fonctionnement cognitif et la qualité de vie par rapport à la stimulation simple. De plus, il apparaît, dans cette étude, qu'un entraînement cognitif « simple » ne semble pas assez puissant pour obtenir des améliorations significatives sur des variables cognitives, motrices ou psychologiques chez des profils cognitifs pathologiques.

Il est néanmoins impossible de réellement quantifier l'effet du groupe APEC par rapport au groupe EC. En effet, d'après les résultats, les participants du programme d'EC n'améliorent pas leurs performances mais maintiennent leurs capacités. Or, nous avons observé dans les études des DTCM que les groupes contrôles passifs des sujets atteints de la maladie d'Alzheimer avaient tendance à diminuer leurs performances. Ainsi, ce maintien de performance du groupe EC est-il malgré tout un bienfait dans le sens où il permet de garder les mêmes capacités, ou est-ce simplement une absence d'effet ? Pour répondre à cette question, il aurait fallu dans le design de cette étude un groupe contrôle sans activité, qui aurait apprécié l'évolution sans entraînement des

profils cognitifs atteints de maladie d'Alzheimer. Par ailleurs, les auteurs n'ont pas mis en place d'évaluation en double tâche, ce qui est regrettable étant donné les enjeux de ce type d'entraînement.

En conclusion, nous pouvons remarquer sur ces deux études (Theill et al., 2013 ; Yoon et al., 2013) que les groupes APEC présentent des bénéfices significativement plus importants qu'un entraînement cognitif simple sur le fonctionnement cognitif, la qualité de vie et l'équilibre statique et dynamique chez les personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer (Yoon et al., 2013) et sur les performances de marche en double tâche pour les personnes âgées saines (Theill et al., 2013).

Premièrement, ces résultats confirment la nécessité de mettre en place des entraînements à doubles stimulations, potentiellement plus puissants, au sein des profils cognitifs diminués afin de renverser la dynamique de déclin, non pas vers un maintien des performances, mais vers des améliorations cognitives et motrices (Yoon et al., 2013). Deuxièmement, les interventions APEC semblent avoir un effet singulier sur les situations de double tâche (Theill et al., 2013) ce qui confirme les premiers résultats des études sur les entraînements DTCM et souligne l'importance de coupler les stimulations pour générer des améliorations sur ces situations à risques et proches des activités quotidiennes. Troisièmement la mise en évidence de bienfaits indirects sur des situations non travaillées durant les séances (i.e., équilibre, Yoon et al., 2013) tend à soutenir que la variabilité des stimulations pourrait favoriser l'amélioration d'autres tâches.

2.4. Attractivité des programmes simultanés

En plus des bénéfices moteurs et cognitifs des entraînements simultanés, certaines études mettent en avant l'aspect « plaisant » de ce type d'entraînement. La moyenne d'adhésion aux programmes d'intervention chez les personnes âgées (Martin & Sinden, 2001) est de 63%, l'adhésion aux programmes d'activité physique étant souvent inférieure à celle des programmes d'entraînement cognitif (e.g., Tappen et al., 2000 ; EC : 90% ; AP : 57%). Mais les groupes combinés présentent des pourcentages d'adhésion sensiblement plus élevés tout au long du programme (e.g., De Andrade et al., 2013 : 94.1% ; Tappen et al., 2000 : 75% ; Suzuki et al., 2012 : 79.2% ; Makizako et al., 2012 : 86.9%). Par conséquent, l'attrait pour ce type de

programme, comme pour les entraînements combinés (AP+EC), semble être une des raisons favorisant la motivation et donc l'investissement dans un programme d'activité physique couplé à une tâche cognitive.

Ainsi, les programmes d'entraînement simultané APEC pourraient être une alternative aux exercices plus conventionnels pour les personnes MCI en créant de la variété dans les stimulations, ce qui pourrait amorcer plus facilement des transferts sur d'autres situations, plus proches des activités des personnes âgées.

Cependant l'absence de groupe d'entraînement d'activité physique seul (Theill et al., 2013 ; Yoon et al., 2013), ou sans activité (Yoon et al., 2013), ne nous permet pas encore de quantifier l'effet de ces programmes sur les variables améliorées. Il semble donc pertinent de mettre en place des études avec un design méthodologique rigoureux (i.e., APEC vs AP vs EC vs C), afin de pouvoir apprécier de manière plus approfondie les résultats et extraire des hypothèses explicatives réelles.

3. HYPOTHÈSES EXPLICATIVES

Quel pourrait être l'avantage singulier de la simultanéité ? Voici la question à laquelle nous allons essayer de répondre en prenant en compte les hypothèses issues des programmes d'activité physique et d'entraînement cognitif et des DTCM, eux-mêmes basés sur la capacité du cerveau à s'adapter aux nouveaux défis environnementaux par la réorganisation plastique du cortex (e.g., Plassman et al., 2010).

3.1. Hypothèse issue des bienfaits des entraînements APEC

Les programmes APEC ont pour objectif de majorer les effets induits individuellement par les entraînements simples, ce qui, d'un point de vue physiologique, correspond à vouloir induire une plus grande plasticité cérébrale (Kempermann et al., 2010). Cela consiste, dans le cerveau humain, à produire des structures plastiques (e.g., neurogenèse, synaptogenèse), support passif des opérations cognitives, tout en sollicitant activement ces nouvelles structures. Autrement dit,

la plasticité cérébrale n'est utile dans la vie de tous les jours que si les nouveaux neurones sont déterminés à une tâche. En ce sens, plusieurs auteurs ont défendu l'hypothèse que la pratique d'activité physique augmenterait le potentiel de neurogenèse et de synaptogenèse tandis que l'exercice cognitif guiderait ces nouveaux tissus pour inciter de la plasticité cérébrale fonctionnelle, autrement dit une plasticité utile pour une tâche, une situation concrète (pour revue, Bamidis et al., 2014 ; Fissler et al., 2013; Figure 9).

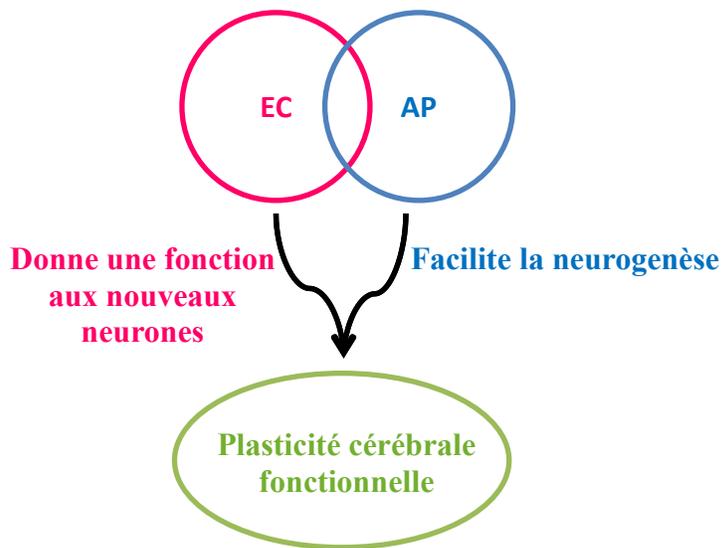


Figure 9. Hypothèse d'explication des mécanismes physiologiques des entraînements simultanés, (d'après Fissler et al., 2013).

En effet, de nombreux travaux ont montré que la pratique d'activité physique induisait une meilleure oxygénation des tissus cérébraux par une augmentation du flux sanguin dans l'ensemble du corps, y compris au niveau du cerveau durant la séance d'exercice (e.g., Brisswalter, Collardeau, & René, 2012 ; Davranche et al., 2009 ; Hillman, Snook, & Jerome, 2003). Ces meilleures conditions cellulaires favoriseraient la synthèse de facteurs neurotrophes ou neurotrophiques en lien avec le système nerveux central (e.g., BDNF, IGF-1). Ces facteurs sont responsables de la stimulation et du contrôle de la neurogenèse (e.g., Bos et al., 2012 ; Cotman & Berchtold, 2002). L'activité physique apparaît comme l'initiateur de la neurogenèse. Dans ce sens, Kempermann et al. (2010) ne considèrent pas les capacités cérébrales comme une réserve cognitive mais comme une réserve de neurones qui pourrait être utile et se transformer en capacités cognitives à partir du moment où il existe une sollicitation pour l'inclure dans des

réseaux neuronaux. Ainsi, l'activité physique serait le promoteur de nouvelles structures cérébrales, et l'entraînement cognitif, par sa sollicitation cognitive, créerait cet environnement enrichi, initiateur d'une future fonction. Cette fonction répond à un besoin, ici un déficit alloué au vieillissement à la limite du pathologique. Ainsi, l'entraînement cognitif pallie ce trouble en guidant ces nouvelles cellules neuronales vers des boucles de réseaux neuronaux conçus en réponse à cette insuffisance. Cette création de capacité cognitive fonctionnelle répond donc à un besoin. On retrouve cette même hypothèse au sein de la littérature animale (e.g., Hötting & Röder, 2013).

3.2. Hypothèses issues des entraînements en double tâche

D'après les études présentées, les situations de double tâche ne peuvent être améliorées que par des entraînements de double tâche (pour revue, Pichierri et al., 2011 ; Wollesen & Voelcker-Rehage, 2014). L'observation de ces situations chez les personnes âgées montrent que les performances motrices ont besoin d'une part importante de contrôle cognitif (Li & Lindenberger, 2002). Il existe actuellement trois hypothèses dans la littérature basées sur les mécanismes mis en jeu lors des situations de double tâche pour expliquer les bienfaits des entraînements simultanés sur les situations de double tâche (pour revue, Wollesen & Voelcker-Rehage, 2014).

3.2.1. Le modèle de concurrence entre les domaines cognitifs (*The cross-domain competition model*)

Ce modèle postule que le contrôle de la tâche motrice et celui de l'activité cognitive rivalisent pour recevoir des ressources attentionnelles (e.g., Lacour, Bernard-Demanze, & Dumitrescu, 2008 ; Maylor & Wing, 1996). Ainsi, les situations de double tâche ont été améliorées grâce à une augmentation de cette réserve ou de ce « réservoir ». Plus la quantité de réserve attentionnelle est importante et plus les charges attentionnelles allouées aux tâches seront avantageuses. Par conséquent, les performances en situation de double tâche seront mieux réussies.

3.2.2. Le modèle d'interaction non-linéaire en U (*The U-shaped nonlinear interaction model*)

La description plus complexe d'un modèle prenant en compte l'interaction entre l'âge des sujets et les caractéristiques de tâche est apparue récemment au sein de la littérature sur la double tâche. Ce modèle postule une relation en **U** de la délivrance de flux attentionnel entre la tâche motrice et la tâche cognitive (e.g., Deviterne, Gauchard, Jamet, Vançon, & Perrin, 2005 ; Huxhold, Li, Schmiedek, & Lindenberger, 2006 ; Riley, Baker, & Schmit, 2003 ; Vuillerme & Nougier, 2004). Cette conception signifie par exemple que l'équilibre postural peut être amélioré ou diminué selon la demande cognitive de la tâche secondaire, basse ou haute. Les auteurs se rejoignent sur la notion de coordination de ressources pouvant ici correspondre à une efficacité améliorée du partage attentionnel entre les tâches cognitives et motrices (i.e., Pichierri et al., 2012 ; Yogev-Seligmann et al., 2012 ; You et al., 2009).

Cette hypothèse pourrait être en accord avec l'hypothèse d'intégration de la tâche, qui stipule que pratiquer deux tâches ensemble permet aux participants de développer des compétences de coordination de tâches (Kramer et al., 1995). L'intégration des tâches cognitives et motrices ainsi que leur coordination travaillée pendant l'entraînement en double tâche, seraient cruciales pour améliorer leurs performances dans cette situation. Suite à ce type d'entraînement, les personnes âgées semblent donc réapprendre à partager leurs ressources attentionnelles de manière plus efficace (e.g., Coelho et al., 2013 ; de Andrade et al., 2013 ; Marmeleira et al., 2009 ; Pedroso et al., 2012 ; Suzuki et al., 2012 ; You et al., 2009).

3.2.3. Le modèle de priorisation de la tâche (*The task prioritization model*)

Le modèle de priorisation de la tâche prend en compte les différentes stratégies adaptatives engendrées par le déclin des capacités physiques et cognitives lors du vieillissement (e.g., Brown, Sleik, Polych, & Gage, 2002 ; Lajoie, Teasdale, Bard, & Fleury, 1993 ; K. Z. Li, Lindenberger, Freund, & Baltes, 2001 ; Schaefer & Schumacher, 2011). Par conséquent, la personne âgée va prioriser une tâche par rapport à une autre afin de favoriser un comportement qu'elle considère comme plus important que l'autre à un moment donné. Par exemple, lorsqu'elle marche et qu'elle doit répondre à une tâche cognitive lourde en demande attentionnelle, elle va arrêter de répondre à la tâche cognitive pour maintenir ses performances de marche. De ce fait, les entraînements en double tâche peuvent aider à diminuer en coût attentionnel les tâches prioritaires motrices, ce qui

correspond à automatiser les procédés, pour laisser une plus grande marge de manœuvre et par conséquent diminuer la perte de performance entre les situations en simple et double tâche.

La grande variété de ces hypothèses répond à la grande variété de stratégies comportementales observées lors des situations de double tâche. Il est donc cohérent que les hypothèses d'explications ne soient pas identiques mais reflètent le résultat d'un ensemble de vérités qui varie suivant la nature des tâches demandées ou de leurs difficultés, ou suivant les comportements initiaux propres à l'individu (e.g., Lacour et al., 2008).

Résumé chapitre 3

Les programmes combinés tendent à montrer une majoration des bienfaits sur le nombre de variables impactées, tant sur le plan cognitif que moteur. De plus, les programmes simultanés favoriseraient les bienfaits sur des situations de double tâche, proches des activités de vie quotidienne. Ainsi, même s'il existe une variabilité des travaux dans leurs protocoles mais aussi dans leurs résultats, le concept de simultanéité des entraînements se montre parlant et semble être une réelle opportunité pour favoriser les bénéfices des entraînements sur le déclin cognitif des personnes âgées MCI.

PROBLÉMATIQUE

Maintenir une vitalité cognitive et prévenir les risques de démence sont les deux grands défis pour les personnes diagnostiquées MCI. De plus, chez les sujets MCI avec atteintes exécutives, alors que l'origine de leurs difficultés est centrée sur des performances cognitives, les conséquences de leurs troubles semblent bien plus transversales. Leurs déficits exécutifs majoreraient en effet les troubles dans les activités fonctionnelles telles que la marche.

Sensibles aux styles de vie actifs, les sujets MCI pourraient bénéficier de programmes d'interventions. En effet, la littérature met en évidence que la pratique d'activité physique, comme celle d'entraînement cognitif permet des améliorations à la fois cognitives et motrices. Cependant, ces programmes, pratiqués séparément, ne semblent pas suffisants pour répondre entièrement à la profondeur et l'étendue des troubles MCIex.

Face à ce constat, une nouvelle hypothèse est proposée. La mise en place d'une double stimulation pourrait être un moyen pour majorer les effets de chaque intervention. De plus, le caractère simultané des programmes d'entraînements pourrait favoriser des bienfaits sur des tâches mettant en jeu des processus multiples. Le présent travail s'attache donc à observer les effets d'un entraînement simultané d'activité physique et d'entraînement cognitif chez des sujets MCI avec atteintes exécutives, à travers la perspective de transférer les éventuels bienfaits dans la vie de tous les jours. Notre objectif est de vérifier alors l'hypothèse selon laquelle les programmes d'activité physique et d'entraînement cognitif pratiqués de manière simultanée (APEC), pourraient servir à majorer les effets de chaque entraînement sur des variables cognitives et motrices. Notre réflexion générale sur les effets des entraînements APEC chez les sujets MCI avec une atteinte exécutive est structurée autour de quatre questions principales :

- ✓ LES DÉFICITS DES SUJETS MCI SONT-ILS SENSIBLES À LA MISE EN PLACE D'UN PROGRAMME SIMULTANÉ D'ACTIVITÉ PHYSIQUE ET D'ENTRAÎNEMENT COGNITIF ?

- ✓ CETTE SIMULTANÉITÉ ENGENDRE-T-ELLE UNE MAJORATION DES EFFETS EN COMPARAISON DES PROGRAMMES SIMPLES ?

- ✓ CETTE ÉVENTUELLE MAJORATION EST-T-ELLE SPÉCIFIQUE À UNE CATÉGORIE DE FONCTIONS ?

- ✓ EN CAS D'IMPACTS SIGNIFICATIFS, LES BÉNÉFICES SONT-ILS PLUS DURABLES DANS LE CADRE DU PROGRAMME SIMULTANÉ ?

L'ambition de ce travail de thèse est de participer au débat sur l'intérêt de la prévention chez des profils MCI et sur la pertinence des entraînements simultanés dans la lutte contre les déclin cognitifs et moteurs. Le maintien d'une indépendance fonctionnelle chez les personnes âgées n'est possible que si les capacités cognitives et motrices sont suffisantes. De nombreux éléments de la littérature montrent actuellement le lien entre ces deux entités. L'une ne va pas sans l'autre et il serait nécessaire que la manière d'appréhender la prévention et plus généralement la vieillesse évolue avec cette considération pour maintenir, de manière optimale et concrète, la qualité de vie des personnes âgées.

OBJECTIFS & HYPOTHÈSES

Basé sur les recommandations de la littérature des programmes d'activité physique et d'entraînement cognitif et celles des entraînements combinés, l'objectif de ce travail de thèse est d'observer sur un échantillon de la population des MCI avec atteinte exécutive (MCIex) les effets d'un entraînement APEC sur des tests cognitifs, cardiorespiratoires, moteurs et psychologiques. Pour des raisons de pertinence méthodologique et d'intérêt scientifique, l'entraînement APEC sera comparé à des programmes d'activité physique (AP) et d'entraînement cognitif (EC) simples, et à un groupe contrôle sans activité (C). Cette approche méthodologique permettra d'explorer les effets de chaque entraînement, d'apprécier leurs propres bienfaits à court et moyen terme, puis, dans un deuxième temps, de comparer leurs améliorations. La mise en place de ces objectifs se base sur quatre hypothèses principales.

La première stipule que les entraînements APEC, AP, et EC pourraient améliorer les performances liées au processus exécutif des participants entraînés. Autrement dit, les entraînements devraient permettre d'observer l'amélioration des performances de ces personnes

sur des tâches plutôt exécutives ne faisant pas directement l'objet d'entraînement. En plus des tâches d'évaluation sur les performances exécutives, d'autres tests ont été mis en place pour observer les capacités cardiorespiratoires, motrices et psychologiques.

La deuxième hypothèse suppose que les effets de l'entraînement APEC seraient majorés dans leur qualité (i.e., bénéfiques plus grands) et leur quantité (i.e., bénéfiques plus nombreux), par rapport à ceux des programmes simples d'activité physique et d'entraînement cognitif. À partir de ces deux critères, nous avons construit notre deuxième hypothèse à l'aide de la revue de littérature d'Audiffren et al. (2011 ; Figure 10). Sur le plan qualitatif, les effets de l'entraînement APEC pourraient être qualifiés de : i) simple effet d'entraînement, non dissociable des effets de l'AP et de l'EC ; ii) effet additif, chaque entraînement engendrant un effet cumulable ; iii) un effet sous-additif, l'effet ne correspondant pas à l'addition de chaque entraînement, mais il resterait plus grand que l'effet simple ; iv) un effet inhibiteur, les effets des deux entraînements s'inhibant pour engendrer au final un effet diminué de l'effet simple ; v) un effet sur-additif, la combinaison des deux effets créant une synergie et majorant l'effet de chaque entraînement. Sur le plan quantitatif, les effets du programme APEC suivent le même procédé que sur le plan qualitatif : i) même nombre de variables améliorées que les entraînements simples ; ii) addition des variables améliorées de chaque programme (i.e., effet additif), iii) addition incomplète (i.e., effet sous-additif) ; iv) nombre de variables moins nombreuses par rapport à un entraînement simple (effet inhibiteur) ; v) nombre de variables majorées par rapport à l'addition des variables améliorées de chaque entraînement (i.e., effet sur-additif).

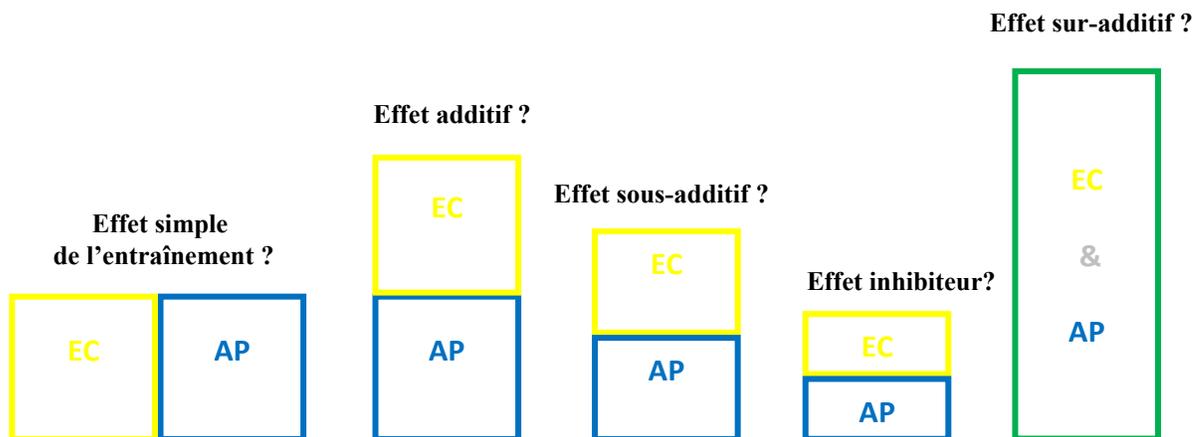


Figure 10. Hypothèses des entraînements simultanés.

La troisième hypothèse suggère que le groupe entraîné par un programme en double tâche (i.e., APEC) transférerait de plus grands bénéfices sur des performances en double tâche. Cette hypothèse découle des travaux sur les entraînements en DTCM (e.g., Pichierri et al., 2012 ; Wollesen & Voelcker-Rehage, 2014), qui ont mis en évidence des améliorations dans les performances en double tâche uniquement dans les groupes d'entraînement ayant pratiqué de la double tâche.

Enfin, nous faisons l'hypothèse que les performances du groupe APEC, éventuellement améliorées à la suite des entraînements, seront maintenues de manière plus durable. En effet, certains travaux ayant évalué les performances à trois mois (Linde & Alfermann, 2013) et cinq ans plus tard (Oswald et al., 2006) ont montré des résultats prometteurs sur les conséquences à moyen et long terme des effets des entraînements combinés (AP+EC). De plus, les théories sur les synergies des effets dues à la simultanéité des entraînements (e.g., Fissler et al., 2013) laissent entrevoir des effets plus facilement maintenus, du fait de la création de capacités cognitives directement intégrées aux processus cognitifs.

– ÉTUDE PRINCIPALE – IMPACT D’UN ENTRAÎNEMENT SIMULTANÉ SUR LES PERFORMANCES EXÉCUTIVES ET MOTRICES DE SUJETS MCIEX : ÉTUDE MIXTRAIN

1. MÉTHODOLOGIE

Afin de répondre à nos objectifs, une étude randomisée d’intervention appelée MIXTRAIN a été effectuée. Quatre groupes ont été mis en place et ont suivi soit : i) un programme d’activité physique aérobie (AP) ; ii) un programme d’entraînement cognitif ciblé sur les fonctions exécutives (EC) ; iii) un programme simultané d’activité physique aérobie et d’entraînement cognitif ciblé sur les fonctions exécutives (APEC) ; iv) aucune intervention (C).

1.1. Population

Les critères suivants ont été choisis afin d’homogénéiser la population et d’éliminer les risques de variables confondantes.

1.1.1. Critères d’inclusion

Les patients inclus devaient présenter les critères suivants :

- *Être atteints de troubles cognitifs légers (Mild Cognitive Impairment, MCI) avec une altération du fonctionnement exécutif isolée (MCIex) ou couplée à d’autres déficits de fonctions cognitives (i.e. MCI multi-domaine, MCI_{md}).*
 - *Avoir 65 ans ou plus*
 - *Être retraités*
 - *Avoir un score au MMSE supérieur à 24 ou 26 (pondéré selon leur niveau socio-culturel ; Folstein, Robins, & Helzer, 1983). Le test du MMSE donne une évaluation globale du fonctionnement cognitif chez les participants (Nasreddine et al., 2005).*
- *Certificat de non contre indication à la pratique d’activité physique*

1.1.2. Critères d'exclusions

Ne pouvaient être inclus, les patients :

- *Présentant des signes de dépression*, correspondant à un score supérieur à 11 à l'échelle de dépression gériatrique (Geriatric Depression Scale 30 items, GDS ; Yesavage et al., 1982). Il était important de contrôler cette variable, étant donné qu'elle est source de pertes de mémoire (Hazif-Thomas et al., 2005) et représente souvent un trouble associé au MCIex et MCImd

- *Non francophones*
- *Incapables de marcher dix mètres sans aide*
- *Incapables d'entendre correctement et de lire à 1.5 mètres avec ou sans correction*
- *Présentant une pathologie chronique* pouvant impacter sur leurs capacités à l'effort ou sur l'évaluation des paramètres de marche, de l'équilibre ou sur la pratique du vélo : *pathologies respiratoires, neurologiques ou musculo-squelettiques, cardiovasculaires récents et/ou non stabilisés* (e.g. infarctus, trouble du rythme, angor de poitrine, hypertension), *diabète insulino-dépendant, ou alcoolisme*.

- *Ayant eu un changement thérapeutique récent* (moins de trois mois) affectant les capacités cognitives et/ou l'équilibre.

1.1.3. Recrutement

Les participants de cette étude sont recrutés au sein du service d'hôpital de jour de l'hôpital Broca. L'ensemble des participants a signé un consentement éclairé et n'a perçu aucune compensation financière. Chaque participant a fourni un certificat de non contre-indication à la pratique sportive à intensité modérée. Lors de la phase de recrutement un premier recueil de données a été conduit pour caractériser les sujets à partir de leur âge, de leur niveau de santé (à partir d'une échelle de type likert en 5 points : 1 = Très mauvais, 2 = mauvais, 3 = moyen, 4 = bon, 5 = très bon), de leur niveau d'éducation, de l'échelle de Classification internationale type de l'éducation (Cite¹⁴, 1997), de leur poids et taille, du MMSE et de la GDS.

¹⁴ Conçue par l'Unesco en 1970, cette classification a été révisée et approuvée en 1997, à l'issue de larges consultations internationales. Elle est un outil permettant de produire des statistiques comparables sur l'enseignement et la formation selon une échelle commune de niveaux d'enseignement : Niveau 0=Éducation de la petite enfance ; Niveau 1=Primaire ; Niveau 2=Enseignement secondaire (premier cycle) ; Niveau 3=Enseignement secondaire (deuxième cycle) ; Niveau 4=Enseignement post-secondaire non supérieur ; Niveau 5=Enseignement supérieur de cycle court ; Niveau 6=Licence ou équivalent ; Niveau 7=Master ou équivalent ; Niveau 8=Doctorat ou équivalent.

1.2. Pré-tests

Après la phase de recrutement, les participants sont convoqués pour le bilan pré-test, point de départ des évaluations. Ce bilan pré-test correspond à un ensemble d'évaluations cognitives, cardiorespiratoires, psychologiques et motrices réalisées avant le début des programmes d'intervention. Il permet d'évaluer les capacités propres à chaque participant. Le bilan dure environ 130 minutes. Il est réalisé dans l'ordre suivant : présentation de l'étude (20 minutes), passation des tests cognitifs et psychologiques (50 minutes) puis évaluations motrices de marche (35 minutes) et enfin évaluation cardiorespiratoire (25/30 minutes).

1.2.1. Tests cognitifs

Afin de réaliser le bilan cognitif des sujets, nous avons décidé de nous orienter vers les fonctions exécutives qui représentent les fonctions les plus déficitaires chez les sujets sélectionnés, ainsi qu'une catégorie de fonctions largement requise dans les activités inattendues ou complexes du quotidien (e.g., Gilbert & Burgess, 2008) et très sensible à l'avancée en âge (e.g., Bherer et al., 2004 ; Zhou et al., 2011). L'évaluation du fonctionnement exécutif s'est effectuée à travers des tests sur les capacités de raisonnement, de flexibilité mentale, d'attention, d'inhibition et de mémoire de travail. En effet, au sein de la littérature sur les entraînements d'AP et EC, le raisonnement, l'attention, la flexibilité mentale, la mémoire de travail et l'inhibition sont fréquemment utilisés pour évaluer les impacts cognitifs de programmes d'intervention (e.g., Clare et al., 2009 ; Gagnon & Belleville, 2012 ; Jean et al., 2010 ; Londos et al., 2008 ; Theill et al., 2013 ; Wenisch et al., 2007 ; Yoon et al., 2013) et jouent des rôles centraux dans la cognition (e.g., Baddeley, 1992 ; Borel & Alescio-Lautier, 2014 ; Miyake et al., 2000).

1.2.1.1. Fonctionnement exécutif

Les processus exécutifs sont mesurés à l'aide de huit tests neuropsychologiques.

Frontal Assessment Battery (FAB). La Batterie Rapide d'Efficiences Frontales (BREF) a été mise au point par Dubois, Slachevsky, Litvan, & Pillon, (2000) pour évaluer rapidement la présence ou non d'un syndrome dysexécutif cognitif et comportemental. Elle se décompose en sous tests : similitudes sémantiques (trouver la catégorie qui rassemble plusieurs mots), fluence littérale

(donner un maximum de mots commençant par S), recherche de comportements de préhension et d'imitation (autonomie environnementale), séquences motrices de Luria (programmation motrice), épreuve des consignes conflictuelles (sensibilité à l'interférence), Go-No-Go (contrôle inhibiteur). L'ensemble correspond à un score total sur 18 points.

Trail-Making test. *Le Trail-Making test (TMT)* est issu de l'Army Individual Test Battery (1944) et repris pour validation par Corrigan et Hinkeldey, (1987). Il s'agit du test papier-crayon le plus connu et utilisé pour évaluer les capacités de flexibilité mentale (e.g., Eggermont, Milberg, Lipsitz, Scherder, & Leveille, 2009 ; Tombaugh, 2004). Cette épreuve est constituée de deux parties (A et B). La partie A consiste à relier au crayon les cibles numérotées et réparties aléatoirement sur la page par ordre croissant (i.e., de 1 vers 2 vers 3 et jusqu'à 25). Dans la partie B, le sujet doit relier alternativement un nombre à une lettre de manière croissante (i.e., 1-A-2-B-3-C-4-D, jusqu'à L). Le participant doit réaliser l'exercice (i.e., partie A et B) le plus vite possible sans lever le crayon. Lorsque le sujet commet une erreur, l'expérimentateur le lui fait remarquer et le sujet repart de la pastille précédente. Chaque partie est chronométrée et le nombre d'erreurs est comptabilisé. Étant donné que la partie A se présente davantage comme une mesure de vitesse psychomotrice, alors que la partie B mesure la dimension de flexibilité mentale des fonctions exécutives (e.g., Corrigan & Hinkeldey, 1987), il semble plus adapté à nos questionnements de garder pour les futures analyses seulement la mesure sur le fonctionnement exécutif, soit la partie B.

Stroop Color Word Interference test. *Le test de Stroop* (Stroop, 1935) est une mesure très fréquemment utilisée pour évaluer les capacités d'inhibition chez l'adulte, y compris pour la personne âgée (e.g., Borella et al., 2010 ; Cheng et al., 2012 ; Edwards et al., 2005 ; Edwards et al., 2002 ; Mozolic et al., 2011). Nous utilisons une version modifiée qui intègre une quatrième planche comme mesure de flexibilité (Bohnen, Jolles, et Twijnstra, 1992 ; Chatelois et al., 1996). Il est demandé au participant de lire les mots ou d'identifier à voix haute la couleur des items présentés selon quatre conditions. Dans la condition congruente de dénomination, les items sont des rectangles de couleur jaune, vert, bleu, ou rouge. Les participants doivent nommer la couleur des rectangles qui leur sont présentés. Dans la condition congruente lecture, les items sont des mots décrivant des couleurs (jaune, vert, bleu ou rouge) mais écrits à l'encre noire. Les

participants doivent lire le mot qui indique une couleur. Dans la condition incongruente d'interférence, les items sont des mots indiquant des couleurs mais présentés avec des couleurs d'encre différentes (i.e., BLEU, JAUNE ; Figure 11). Les participants doivent inhiber la lecture du mot afin d'identifier la couleur de l'encre. Cette planche mesure les fonctions d'inhibition de la personne.

BLEU JAUNE ROUGE VERT BLEU JAUNE ROUGE VERT ROUGE ROUGE

Figure 11. Extrait du *Test de Stroop* en condition interférence (Bohnen, Jolles, & Twijnstra, 1992).

Dans la condition incongruente de flexibilité, les items présentés sont identiques à la condition précédente, sauf qu'épisodiquement, certains items sont encadrés, et il est alors demandé de lire le mot (Figure 12). Les participants doivent alterner entre la lecture du mot et la dénomination de la couleur de l'encre. Pour toutes les conditions, le nombre de réponses correctes données en 45 secondes correspond à la performance réalisée. Les conditions dénominations et lecture sont des conditions d'entraînement qui seront exclues des analyses. Seules les conditions interférence et flexibilité sont retenues comme des mesures de fonctions exécutives.

ROUGE JAUNE VERT ROUGE ROUGE BLEU JAUNE ROUGE VERT BLEU

Figure 12. Extrait du *Test de Stroop* en condition flexibilité (Bohnen, Jolles, & Twijnstra, 1992).

Matrix Reasoning test. Ce test mesure le raisonnement abstrait non-verbal. Il s'agit d'un sous-test de la Wechsler Abbreviated Scale of Intelligence (WAIS, 1999). Il est composé de 37 planches (i.e., deux exemples et 35 items ; Figure 13). La tâche consiste à identifier, parmi cinq réponses proposées, la forme manquante qui vient compléter la série de formes abstraites présentées préalablement. Le temps de réponse maximum est de 30 secondes par planche. L'expérimentateur interrompt le test après trois erreurs. Le nombre d'items correctement complétés est relevé.

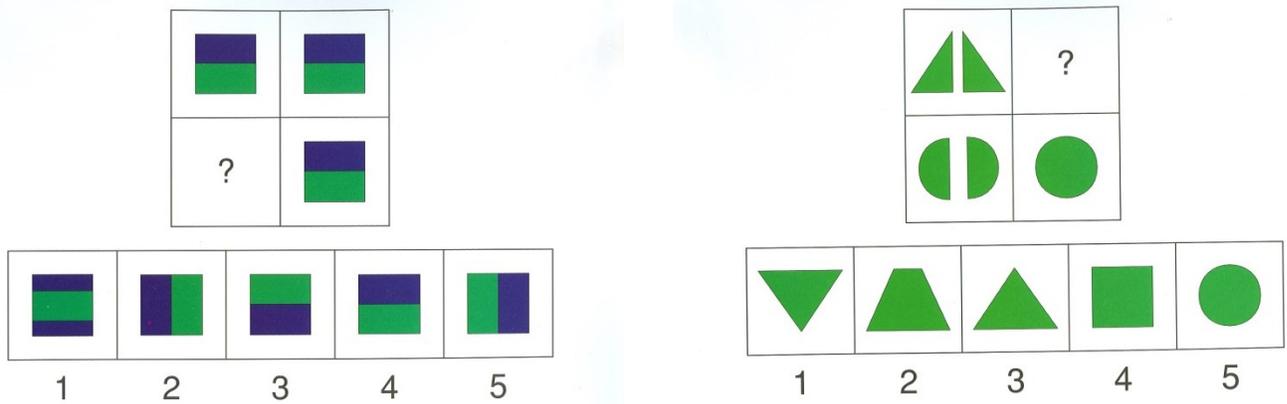


Figure 13. Illustration du *Matrix reasoning test*, pages 2 et 13 (WAIS, 1999).

Digit Span (forward and backward) test. Il s'agit aussi d'un sous-test de la Wechsler Abbreviated Scale of Intelligence (WAIS, 1999). *Le test de mémoire de chiffres (rappel avant/arrière)* est partagé en deux parties. La première partie, qui évalue la mémoire à court terme, consiste à faire répéter les chiffres tels qu'ils ont été énoncés. Pour la deuxième partie, on demande au sujet de répéter les chiffres entendus dans l'ordre inverse. Celle-ci mesure la mémoire de travail. L'expérimentateur prend en compte l'empan de chaque partie.

Letter-Number Sequencing test. *Le test de séquence lettre-chiffre* mesure la mémoire de travail. Il apporte en plus du Digit Span Backward, la notion de catégorisation à partir de repères stables comme le classement par ordre croissant et alphabétique (e.g., Rozencwajg, 2006). La tâche consiste à répéter dans un ordre précis, une séquence de chiffres et de lettres dite dans le désordre. Il s'agit d'énoncer en première partie tous les chiffres dans l'ordre croissant, puis en deuxième partie toutes les lettres dans l'ordre alphabétique. L'examineur note l'empan du participant.

1.2.1.2. Vitesse de traitement

Ce test, qui ne représente pas une fonction exécutive, a été ajouté au bilan cognitif afin de contrôler, lors des analyses statistiques, l'influence de la vitesse d'exécution sur les scores des tests cognitifs.

Test de temps de réaction. Une tâche de *Temps de Réaction Simple* a été mise en place afin d'évaluer la vitesse de réponse à un stimulus. Elle se déroule de la manière suivante : assis face à

l'ordinateur, le sujet doit, dès que le stimulus visuel (E Majuscule) apparaît à l'écran, appuyer le plus rapidement possible sur la touche cible avec la main dominante. Le stimulus de couleur noire mesure 20 mm de diamètre disposé en plein centre de l'écran blanc. Les instructions et le stimulus sont présentés à partir d'un ordinateur Dell de type PC Pentium 4, muni d'un écran 13". Le test est conçu à partir du logiciel E-Prime (version 1.1 beta 1.0, Schneider, Eschman, & Zuccolotto, 2002). La performance retenue correspond à la moyenne des temps compris entre 150 et 2500 ms (e.g., Maquestiaux, Laguë-Beauvais, Ruthruff, Hartley, & Bherer, 2010).

1.2.2. Test cardiorespiratoire

L'évaluation des capacités cardiorespiratoires est indispensable au sein de ce protocole, afin de contrôler si les participants ont tiré des bénéfices physiologiques des programmes d'intervention mis en place et de défendre ou non l'hypothèse métabolique, liée aux effets de l'activité physique sur le fonctionnement cognitif (e.g., Colcombe & Kramer, 2003 ; Kramer, Hahn, Cohen, et al., 1999).

Rockport Test. *Le test du Rockport* permet une évaluation indirecte et sous maximale de la VO_2 max¹⁵ (Kline et al., 1987). Il est très régulièrement utilisé dans les travaux évaluant des sujets âgées et/ou sédentaires (e.g., Colcombe et al., 2004 ; Pober et al., 2002 ; Renaud et al., 2010). Les résultats obtenus sont corrélés à 0.90 avec la VO_2 max, reflétant ainsi de façon fiable et valide les capacités cardiorespiratoires du participant. Les participants doivent marcher 1.609 kilomètres aussi rapidement que possible. Le temps établi et la fréquence cardiaque sont relevés en fin de parcours. À partir des scores recueillis, la formule suivante est appliquée :

VO_2 max = 92.08 - 0.1 (poids en pounds) - 0.34 (âge) + 9.72 (genre; homme=1 femme=0) - 1.01 (temps effectué en minutes) - 0.13 (Fréquence cardiaque après l'effort) + 0.86 (niveau d'activité, échelle de 1 à 7).

¹⁵ La VO_2 max, exprimée en ml O_2 / kg / min, correspond au volume maximal d'oxygène qu'un individu est capable de consommer en une minute au cours de la réalisation d'un exercice soutenu avec effort maximal (Astrand & Rodahl, 1994).

1.2.3. Tests moteurs

Comme démontré précédemment, les personnes MCI dévoilent de prime abord des troubles cognitifs (Petersen et al., 1999). Cependant, il existe en plus, au sein de cette population, des troubles fonctionnels moins apparents mais présents sur la marche (e.g., Allali et al., 2010 ; Al-Yahya et al., 2011 ; Doi et al., 2014). L'introduction de plusieurs tests moteurs de locomotion au sein de notre protocole se justifie, d'une part, par la large démonstration du lien qui existe entre les capacités de marche et les fonctions exécutives (e.g., Binder, Storandt, & Birge, 1999 ; Hausdorff et al., 2008 ; Holtzer et al., 2007 ; Tabbarah, Crimmins, & Seeman, 2002 ; Woollacott & Shumway-Cook, 2002 ; Yogev-Seligmann et al., 2008), d'autre part, par le constat de l'existence de troubles de la marche chez les personnes MCI (e.g., Allali et al., 2010 ; Al-Yahya et al., 2011 ; Doi et al., 2014 ; McGough et al., 2011). Enfin, nous nous interrogeons également sur la possibilité de transferts, suite à la pratique d'un entraînement cognitif et/ou physique, sur les capacités motrices du sujet MCI. Pour répondre à ces nombreuses questions, les participants ont été évalués en situation de marche simple, complexe et de double tâche. Ces trois niveaux d'évaluations sont mis en place afin d'observer tout d'abord l'impact de différentes charges cognitives lors de la marche, puis dans un second temps de les comparer entre elles.

Les marches des participants sont mesurées à l'aide d'une piste de marche électronique de type GAITRite® (GAITRite®- CIR Systems, Inc., Sparta, NJ, USA). Cet outil d'analyse du mouvement enregistre les pressions plantaires lors de la marche, et calcule tous les paramètres spatio-temporels de marche. Il mesure 518 centimètres de longueur et 90 centimètres de large, avec un trajet actif de capteurs de 427 centimètres de longueur et 61 centimètres de large (Figure 14). Les sujets partent un mètre avant le tapis de marche et terminent un mètre après celui-ci afin de ne pas prendre en compte dans le traitement des données la phase d'accélération au moment de l'initialisation du pas et la phase de décélération associée à l'arrêt de la marche.

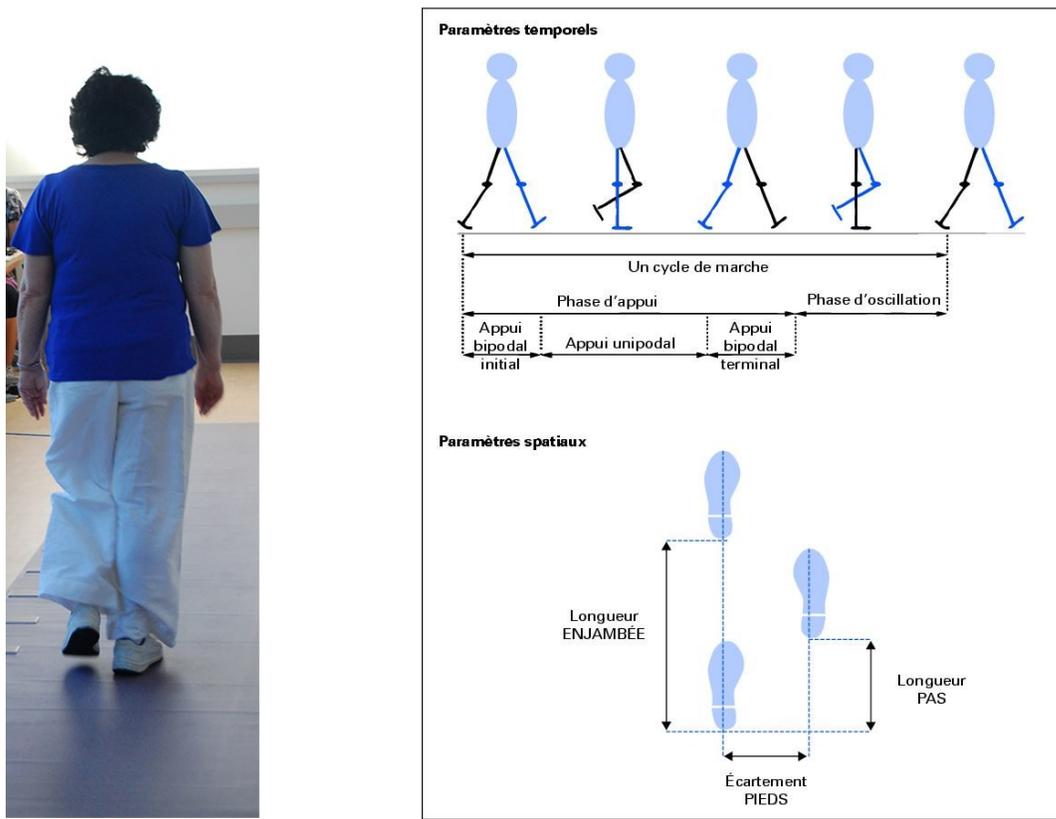


Figure 14. Illustration des paramètres spatiotemporels sur une piste de marche électronique de type GAITRite® (d'après Beauchet et Berrut, 2006).

1.2.3.1. Test de marche en simple tâche

L'évaluation de la marche analytique est mise en place ici pour deux raisons. Tout d'abord, elle est un test de référence, qui donne à elle seule de nombreuses informations sur la qualité de la marche spontanée des sujets. Deuxièmement, au sein de notre protocole, elle permet d'avoir une évaluation dite en simple tâche, qui pourra par la suite servir de repère pour les comparaisons avec les marches complexes et de double tâche. Chaque sujet effectue six passages à allure naturelle. Ce nombre de passages permet une évaluation plus juste des paramètres. Le paramètre de marche relevé est la vitesse (cm/s).

1.2.3.2. Tests fonctionnels de marche

Timed Up and Go test (TUG). Ce test permet d'évaluer la locomotion et l'équilibre dynamique chez la personne âgée (Podsiadlo & Richardson, 1991). Parmi les tests existants sur l'évaluation des capacités fonctionnelles, celui-ci est aussi validé comme une variable sensible à la détection

de risque de chute chez les personnes à risque de démence et démentes (Eggermont et al., 2010). De plus, ce test a été utilisé pour mettre en évidence le lien entre les fonctions exécutives et la vitesse de marche chez des personnes MCI (McGough et al., 2011). Pour ces trois raisons, le TUG a été intégré à notre panel de tests. Il consiste à se lever d'une chaise, puis marcher en avant sur 3 mètres, faire demi-tour et revenir s'asseoir. L'examineur enregistre le temps en secondes pour réaliser l'ensemble de la tâche.

Marches complexes

Deux tests de marches complexes ont été mis en place au sein de ce protocole : un test lié à l'inhibition et un test lié à la flexibilité mentale. Tous deux ont préalablement été utilisés dans des travaux sur les sujets MCI (e.g., Perrochon & Kemoun, 2014 ; Persad et al., 2008). Ces études ont montré que les sujets âgés MCI dysexécutifs éprouvaient plus de difficultés à exécuter ces tests que les sujets âgés sains (e.g., diminution de la vitesse de marche). De par leur déficit sur ce type de tâche, il serait intéressant d'observer les effets des programmes d'entraînement sur ces tests. Les marches complexes consistent à marcher sur des zones cibles en fonction des consignes verbales données par l'expérimentateur. Elles demandent donc un travail cognitif, en lien direct avec l'exécution de la tâche motrice. La bonne réalisation de la tâche cognitive demandée est illustrée par le chemin choisi.

Marches complexes, en lien avec l'inhibition. Nous avons utilisé un test inspiré du *Stroop Color Word Test* papier. Ce test est appelé *Walking Stroop Carpet* (WSC, Figure 15 ; Perrochon et al., 2013). Il est composé de deux draps noirs : un premier avec des noms de couleurs écrites en blanc et un deuxième, avec des noms de couleurs écrites en encre rouge, vert, jaune et bleu. Sur ces draps de cinq mètres, on retrouve 15 lignes de quatre mots. Il existe des mots congruents et incongruents.

Déroulement : Les participants doivent marcher sur l'ensemble des cibles évoquées par l'expérimentateur. Cela correspond à un pas par ligne.

- Pour le tapis avec une écriture blanche (i.e., WSC nb): le sujet effectue un premier passage avec la consigne de marcher sur les mots « jaune » puis un deuxième passage avec la consigne de marcher sur les mots « bleu ». Cette marche sert de marche de référence dans le test.

▪ Pour le tapis avec une écriture colorée : on demande au sujet de marcher sur les mots « vert », puis pour le deuxième passage sur la couleur verte en respectant les mêmes consignes. Ici, les participants doivent au premier passage inhiber l'identification de la couleur de l'encre pour se concentrer uniquement sur la lecture du mot (i.e., WSC lec). Alors qu'au deuxième passage, ils doivent inhiber la lecture du mot afin d'identifier la couleur de l'encre (i.e., WSC clr).

Les paramètres pris en compte sont le nombre d'erreurs réalisées et la vitesse de marche.



Figure 15. Illustration du *Walking Stroop Carpet*, croquis des draps d'évaluation de marche, (Perrochon et al., 2013).

Marches complexes, en lien avec la flexibilité mentale. C'est un test inspiré du test neuropsychologique du TMT (Alexander, Ashton-Miller, Giordani, Guire, & Schultz, 2005 ; Persad et al., 2008 ; Figure 16). Ce test est appelé *Walking Trail Making Test* (WTMT). Il est composé de trois draps de cinq mètres de couleur noire, ayant des cibles de sept cm de hauteur, peintes en blanc : WTMT-Numbers only (N), WTMT-A, WTMT-B. Ces trois marches sont en difficulté croissante.

Déroulement : Les participants doivent marcher sur l'ensemble des cibles évoquées par l'expérimentateur. Cela correspond à un pas par cible.

- Marche sur le WTMT-N : Tout d'abord le sujet doit marcher sur les cibles numérotées de 1 à 20 dans l'ordre croissant. Le WTMT-N est une évaluation simple de référence.
- Marche sur le WTMT-A : Le sujet doit marcher sur les cibles numérotées de 1 à 20 dans l'ordre chronologique en évitant de marcher sur les 20 autres cibles non souhaitées, les distracteurs. Le WTMT-A ajoute une étape cognitive de sélection de la réponse et demande de l'attention.
- Marche sur le WTMT-B : Le sujet doit marcher sur les cibles en alternant chiffres et lettres dans l'ordre croissant et en évitant les autres cibles non logiques. Ce tapis est composé de 20 cibles (10 chiffres + 10 lettres) et 20 distracteurs (10 chiffres +10 lettres). Le WTMT-B ajoute une alternance de mode de réponses et demande donc de la flexibilité mentale.

Les paramètres pris en compte sont le nombre d'erreurs réalisées et la vitesse de marche.

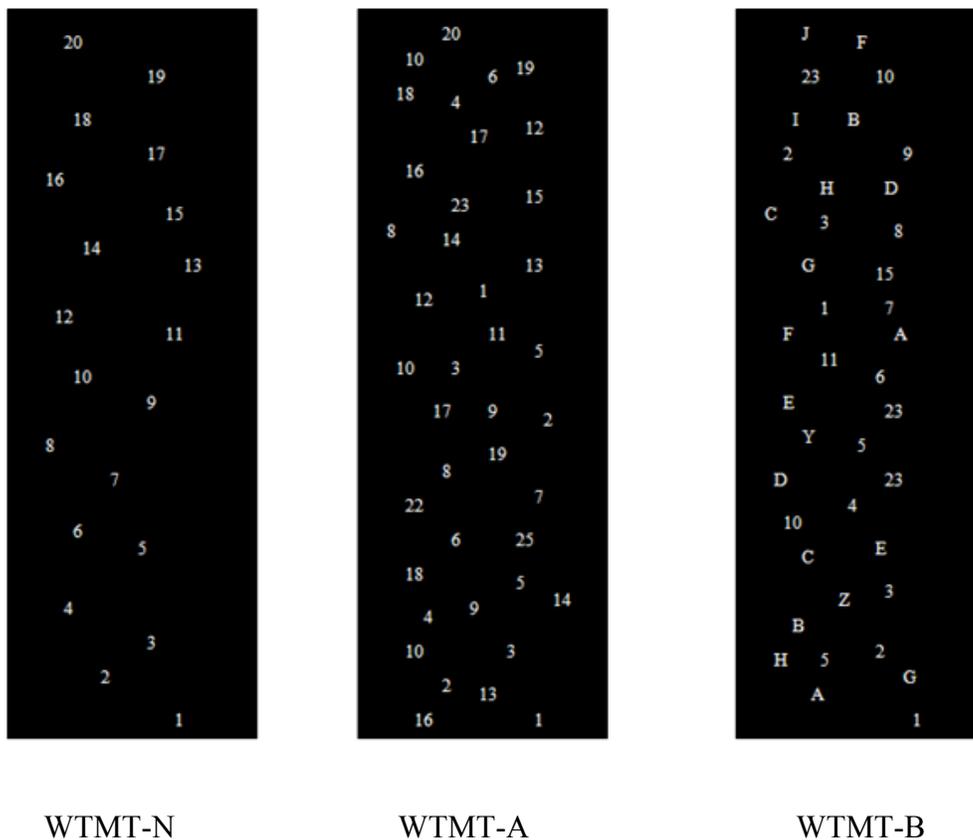


Figure 16. Tapis des *Walking Trail Making Tests* (Alexander et al., 2005 ; Persad et al., 2008).

Marche en double tâche

Deux tests en double tâche ont été intégrés à l'étude. Tous deux ont préalablement été utilisés dans des travaux chez des personnes âgées (Evans et al., 2009 ; Yogev-Seligmann et al., 2012). Du fait des déficits en double tâche des MCI (e.g., Verghese et al., 2007), il paraît intéressant d'observer l'effet des programmes d'interventions sur ces tests. Les marches en double tâche consistent à marcher à allure naturelle en effectuant simultanément une activité cognitive. Les deux tâches sont donc indépendantes l'une de l'autre. Contrairement aux marches complexes, l'expérimentateur ne donne aucune consigne sur la marche mais seulement sur la tâche cognitive¹⁶. Les tâches cognitives effectuées en double tâche ont préalablement été effectuées en tâche simple (i.e., en position assise). Ces scores en tâche simple permettent de contrôler par la suite l'implication cognitive de la marche lors des tests en double tâche.

Marche en décompte de nombres. Ce test consiste à marcher tout en effectuant des calculs mentaux. Il a été demandé aux sujets de marcher sur un passage du GAITRite® de 5.2 mètres en additionnant au nombre 70, le chiffre 6 puis en soustrayant le chiffre 3 et ainsi de suite +6/-3 (inspiré de Yogev-Seligmann et al., 2012 ; You et al., 2009). Ce test a également été évalué en tâche simple, en demandant au sujet assis d'ajouter 5 au nombre 21, puis de soustraire 7 et ainsi de suite +5/-7. Les deux évaluations font appel au même mécanisme cognitif avec des chiffres différents afin d'éviter un apprentissage de la tâche (i.e., effet test-re-test). Les paramètres pris en compte en tâche simple ont été le temps mis pour effectuer toutes les opérations jusqu'au chiffre 3, et le nombre d'erreurs. Les paramètres pris en compte en double tâche sont séparés en deux catégories : pour la tâche cognitive, le nombre d'erreurs et d'opérations réussies, ainsi que le temps de la marche (i.e., temps de la tâche cognitive) ont été pris en compte ; et pour la tâche motrice, la vitesse de marche a été relevée. Ces scores vont permettre d'extraire un quotient de quantité d'opérations comparable entre la tâche simple et la tâche double (i.e., nombre d'opération réalisées / temps d'exécution).

¹⁶ Dans le paradigme de double tâche, on distingue deux types de consigne : soit on demande au sujet de se concentrer sur la réalisation de la tâche cognitive de telle manière que la performance en condition de double tâche reste à un niveau comparable à celui de la condition de simple tâche. Soit on demande au sujet de réaliser les deux tâches au mieux de ses capacités sans donner de priorité de réalisation, mais en l'encourageant à réaliser simultanément au mieux les deux tâches. Ce dernier type de consigne est le plus utilisé dans les paradigmes de double tâche mettant en jeu la marche, en raison de son caractère plus écologique.

Marche en inhibition auditive. Ce test consiste à marcher à une allure spontanée, en ne comptant qu'un certain type de sons. La tâche cognitive a été extraite du protocole d'Evans et al. (2009). Sur un ensemble de quatre sons, le mot FORT et le mot FAIBLE sont dit soit en chuchotant soit de manière forte. Ils ont été préalablement enregistrés, et sont énoncés de façon aléatoire par les hauts parleurs de l'ordinateur. Il a été demandé au sujet de marcher en comptant seulement les sons dit de manière forte sur un passage du GAITRite® de 5.2 mètres (Evans et al., 2009). Ce test a également été évalué en tâche simple, en demandant au sujet assis de comptabiliser le nombre de sons dits de manière forte sur les dix sons énoncés. Le paramètre pris en compte en tâche simple est le nombre d'erreurs. Les paramètres pris en compte en double tâche sont pour la tâche cognitive : le nombre de sons énoncés et d'erreurs ; et pour la tâche motrice : la vitesse de marche. Ces différents scores permettent de déterminer un quotient de réussite (i.e., nombre d'erreurs / nombre de sons entendus) de la tâche cognitive comparable entre les deux situations (i.e., en simple et en double tâche).

1.2.4. Tests psychologiques¹⁷

Après les évaluations cognitives, cardiorespiratoire et motrices, il paraît important d'intégrer des tests psychologiques (e.g., Fabre et al., 1999). En effet, au sein de la littérature chez les sujets MCI, la diminution des capacités cognitives semble être en lien avec la majoration du risque de chute et une plus forte probabilité d'apparition de la dépendance. Ces troubles entraînent donc peu à peu des altérations sur la qualité de vie des sujets (e.g., Conrad, Uhle, Matschinger, Kilian, & Riedel-Heller, 2015 ; Novella et al., 2012). L'évaluation de la qualité de vie peut aider à traduire l'impact des altérations induites par le déclin cognitif, et surtout la façon dont les sujets MCI les perçoivent (e.g., Gates et al., 2014). Au regard de ces observations, nous avons mis en place une évaluation partielle de l'état psychologique des participants, par l'intermédiaire de questionnaires auto-administrés sur leur qualité de vie (e.g., Cipriani, Bianchetti, & Trabucchi, 2006 ; Londos et al., 2008) et leur appréhension de la chute (e.g., Mirelman et al., 2012).

¹⁷ Cette catégorisation de « tests psychologiques » renvoie ici à la passation d'une échelle de peur de chuter (FES-I) et d'un questionnaire de qualité de vie (SF 36). Il ne s'agit en rien d'une évaluation exhaustive des variables psychologiques des sujets de l'étude. Cependant, ce terme générique nous a apparu comme le plus englobant pour ces deux tests.

Short Form (36) Health Survey. *Le court questionnaire d'étude de la santé* (SF 36) est un test standardisé de mesure de qualité de vie. Il est issu de la « Medical Outcome Study ». Précédemment, les études s'intéressant à la qualité de vie des sujets MCI choisissaient des outils de mesures adaptés et validés pour les sujets déments (e.g., QOL-AD ; e.g., Geschke, Fellgiebel, Laux, Schermuly, & Scheurich, 2013 ; Teng et al., 2012) ou pour la population générale (e.g., SF-36 ou sa version courte SF-12 ; e.g., Rampazo-Lacativa & D'Elboux, 2015) car aucun questionnaire auto-administré de ce type n'existait encore¹⁸ chez des personnes MCI. Malgré la non spécificité du test à cette population, il a été décidé de mettre en place le test du SF-36 de par ses qualités d'évaluations, tant sur le plan cognitif que physique chez les personnes âgées.

Cette échelle contrôle, à travers 36 questions, huit facettes de la qualité de vie : fonction physique, limitations dues à l'état physique, douleur physique, vie et relation avec les autres, santé psychique, limitations dues à l'état affectif, vitalité, état de santé général perçu. Cette catégorisation des scores nous permet d'analyser plus précisément l'impact des programmes sur chaque dimension. Chaque score est coté sur 100 (i.e., 100 correspond au meilleur score de l'échelle). Il n'existe pas de score global, mais un algorithme permet de calculer un score général de santé physique (Physical Component Summary ou PCS) et un score général de santé mentale (Mental Component Summary ou MCS).

Falls Efficacy Scale International (FES-I). Ce questionnaire a pour objectif d'évaluer la peur de chuter (Yardley, 2005). Même s'il existe plusieurs échelles correspondant à cet objectif, celle-ci explore un plus large panel d'activités intérieures, extérieures mais aussi sociales. De plus, ce questionnaire est validé pour les personnes âgées avec déficiences cognitives (Hauer et al., 2010) et il peut être auto-administré. Il se compose de 16 situations de vie courante, notées de 1 à 4 suivant le potentiel d'inquiétude aux différents items.

1.3. Procédure

Une fois le bilan pré-test réalisé pour chaque sujet, l'échantillonnage a suivi les règles d'une randomisation par grappes. En effet, les participants ont pu choisir leur lieu d'entraînement afin

¹⁸ Depuis, une récente étude de 2014 (Dean, Jeankinson, Wilcock et Walker, 2014) s'y est intéressée et propose un nouvel outil pour cette population. Cependant, cet outil de mesure n'est pas encore validé en français.

de majorer les chances d'adhésion aux programmes. Lorsque les groupes étaient définis, le programme délivré à chaque groupe était tiré au sort. Quatre groupes ont donc été mis en place, dont trois expérimentaux :

- Un groupe d'activité physique aérobie (AP)
- Un groupe d'entraînement cognitif (EC)
- Un groupe couplant l'activité physique avec l'entraînement cognitif de manière simultanée (APEC)
- Un groupe contrôle, sans changement d'habitude de vie (C).

Une fois les patients randomisés, ils sont convoqués à des séances d'entraînement. L'ensemble des expérimentations d'entraînement a lieu dans deux clubs seniors de la mairie de Paris : Plaisance (14^{ème}) et Saint-Blaise (20^{ème}). Les participants des groupes expérimentaux assistent durant 12 semaines à deux séances d'une heure par semaine, en groupe de quatre à sept personnes. Cela représente un total de 24 heures d'entraînement. Par conséquent, tous les groupes ont le même temps de stimulation, il n'y a que les types de stimulation qui varient entre les groupes. Conformément aux précédentes recherches présentées dans le chapitre II (e.g., pour revue, Wollesen & Voelcker-Rehage, 2013), l'ensemble des entraînements (i.e., simultanés et simples) propose aux participants un niveau de difficulté adapté, proportionnel aux performances de chacun et continuellement ajusté pour maintenir une stimulation au plus près de leurs limites (e.g., Lövdén, Bäckman, Lindenberger, Schaefer, & Schmiedek, 2010 ; Theill et al., 2013). De plus, afin d'observer l'impact « pur » des entraînements, il est demandé aux participants de ne pas s'engager dans de nouvelles activités sportives ou cognitives, en dehors des programmes d'interventions MIXTRAIN.

1.3.1. Groupe d'Activité Physique (AP)

Chaque séance débutait par un échauffement de 10 minutes des grands groupes musculaires en position debout. Ensuite, il était demandé aux participants de se placer sur le vélo et de pédaler à une intensité modérée, durant toute la durée de l'exercice. La séance se terminait par cinq minutes d'étirements sur les grands groupes musculaires des membres inférieurs afin de réduire les risques de blessure et de courbatures (e.g., Jones & Hammig, 2009).

Afin d'adapter le niveau de la séance à chaque individu et suivre une progression au plus proche du niveau de chacun, les résistances et durée de pédalage ont été régulièrement augmentées tout au long du programme d'intervention (i.e., allant de la résistance 2 à la résistance 6 et de 30 minutes au début à 50 minutes en fin de programme ; e.g., Barnes et al., 2013 ; González-Palau et al., 2014 ; Linde & Alfermann, 2013). Ainsi, dans le but d'obtenir une activité aérobie à une intensité suffisante, et en respectant les capacités aérobies de chacun, il a été calculé au préalable la Fréquence Cardiaque Cible (FCC) de chaque participant à une intensité d'effort ciblée à 60% de la Fréquence Cardiaque de Réserve (FCR). Celle-ci se calcule à partir de la Fréquence Cardiaque de repos¹⁹ (FCrep) et la Fréquence Cardiaque maximale²⁰ (FC max). La formule correspondante à un effort de 60% est :

$$FCC = FCrep + 0.60 (205.8 - (0.685 \times \text{âge}) - FCrep) = FCrep + 0,6 FCR$$

Au sein de notre étude, cinq vélos d'appartement Domyos VA 300 ont été utilisés, permettant un travail en groupe de cinq personnes au maximum. Ces vélos sont conçus pour la pratique régulière du cardio-training à domicile. Ce type de vélo a été choisi au regard de notre population d'étude. De par sa position semi-allongée, il permet un bon maintien du dos et un pédalage confortable et limite le risque de chute grâce aux accoudoirs permettant une bonne stabilité latérale. De plus afin de contrôler durant toute la séance la FCC, les participants portent un cardio fréquence-mètre FT 2 codé POLAR, constitué d'une ceinture placée autour du thorax connectée à un récepteur (i.e. montre ; Shatil, 2013). La fréquence cardiaque (FC) est enregistrée pendant l'effort durant toutes les séances d'entraînements.

1.3.2. Groupe d'Entraînement Cognitif (EC)

Compte tenu des déficits dont souffrent notre population d'étude (i.e., MCI avec une composante exécutive), et l'importance des fonctions exécutives dans les activités de la vie quotidienne et dans la marche (e.g., Allali et al., 2010), il a été décidé d'orienter le programme de

¹⁹ La FCr est enregistrée pendant 15 minutes en position allongée dans un environnement calme.

²⁰ Dans cette étude, la FC max est estimée à partir de la formule de Inbar ($205,8 - 0,685 * \text{âge} \pm 6,4$; 1994). Cette estimation est recommandée par les travaux de Robergs et Landwehr (2002), car elle possède l'une des marges d'erreur les plus petites (formule obtenue au cours d'une étude réalisée avec 1424 sujets des deux sexes, âgés entre 20 et 70 ans pour une moyenne située à 46,7 ans).

l'entraînement cognitif sur la stimulation de cette catégorie de fonctions. Parallèlement, au regard des travaux de Verhaeghen et al. (1992), il a été proposé dans les premières semaines du programme, des exercices cognitifs axés principalement sur le travail de l'attention. En effet, cette première phase favoriserait de meilleurs gains pour la suite de l'entraînement (Verhaeghen, Marcoen & Goosens, 1992). Par conséquent, les six premières séances se sont axées principalement sur la stimulation attentionnelle et les 18 restantes sur les autres fonctions exécutives, à savoir la mémoire de travail, la flexibilité mentale, l'inhibition, le raisonnement et la mise à jour, en quantité égale sur l'ensemble du programme.

Les supports du programme EC ont été les logiciels Happy neurone et PRESCO développés par les éditions Créasoft, du groupe Scientific Brain Training et utilisés dans de nombreuses études françaises pour leurs qualités scientifiques et pratiques (e.g., Tarpin-Bernard, Croisile, Bélier, Allain, & Noir, 2007). Ces exercices sont présentés au sein du logiciel comme des « jeux cognitifs » et aspirent à se rapprocher de la définition du jeu, comme une activité d'ordre mental, non imposée, ne visant à aucune fin utilitaire et à laquelle on s'adonne pour se divertir, en tirer un plaisir. Ce côté ludique pourrait être un atout pour favoriser l'engagement des participants au programme (e.g., Burdea & Coiffet, 2003 ; Elkind, Rubin, Rosenthal, Skoff, & Prather, 2001). Afin de stimuler principalement les fonctions exécutives, nous avons sélectionné au préalable 33 jeux (parmi les 88 à disposition, Annexe 1). Les exercices cognitifs sont projetés sur un mur blanc via un rétroprojecteur (Panasonic modèle PT-AX200E), favorisant ainsi un travail collectif.

Les séances se sont déroulées dans une pièce au calme auprès de groupes formés de cinq à sept personnes. Elles s'articulaient autour de deux exercices cognitifs pour 50/55 minutes de stimulation effective. Afin de rester au plus près du niveau de jeu des participants, les paramètres de chaque jeu étaient réglables. Ils permettaient d'équilibrer le niveau de difficulté avec le niveau de compétences des participants (e.g., Herrera, Chambon, Michel, Paban, & Alescio-Lautier, 2012). Le jeu en devenait donc plus attractif et stimulant (e.g., Clare et al., 2010). L'expérimentateur devait rester attentif à l'ensemble des individus du groupe, afin d'obtenir une même quantité et une même progression de stimulation pour chacun et pour chaque groupe. Les réponses des participants sont données oralement et à tour de rôle afin de mettre en place une dynamique de groupe. À chaque fin d'exercice, les participants recevaient un feedback de leurs réponses.

Par exemple, le jeu « Mots coupés » du logiciel PRESCO avait pour objectif de recréer des mots à partir de syllabes. Suivant le niveau du groupe et sa progression, il était possible de modifier le nombre de syllabes (2 ou 3), le nombre de mots à trouver (4 à 20), le temps alloué à l'exercice (d'une minute à aucune limite), l'aide apportée (syllabes classées, puis colorées ou sans aide), ou encore le choix du thème (plus ou moins connu).

1.3.3. Groupe couplant simultanément de l'activité physique et de l'entraînement cognitif (APEC)

Le programme APEC regroupe au sein d'une même intervention, les deux stimulations présentées précédemment. Celles-ci sont travaillées en même temps (Figure 17 ; exemple avec l'exercice cognitif « Mots coupés »). Toutes les modalités des deux programmes sont maintenues (e.g., pédalage à 60% d'intensité d'effort, réponses orales, feedback).



Figure 17. Disposition du matériel en entraînement simultané : Vélo Domyos VA 300 et exercice cognitif, exemple « Mots coupés ».

1.3.4. Groupe contrôle (C)

Vis-à-vis du groupe contrôle, pendant les 12 semaines de programme, les participants s'engagent à ne pas modifier leurs habitudes de vie évaluées préalablement comme sédentaires, ni à entreprendre de nouvelles pratiques physiques conventionnelles ou de nouvelles stimulations cognitives.

1.3.5. Interface de l'expérimentateur

Chaque séance d'entraînement est supervisée par un expérimentateur. Ses fonctions sont les suivantes: (a) dispenser le programme établi et donner les consignes nécessaires à la réalisation des exercices, (b) transférer les réponses orales des participants sur le logiciel de l'ordinateur, (c) assurer la sécurité des participants, (d) éviter les mauvais comportements et les arrêts dans les exercices durant la séance, (e) encourager régulièrement à augmenter le niveau de challenge physique et/ou cognitif, (g) donner un feedback des performances sur l'ensemble de la séance et du programme, (h) noter l'adhésion au programme et les fréquences cardiaques.

1.4. Post-tests

1.4.1. Immédiat

À la suite des 24 séances des différents programmes d'entraînements, l'ensemble des participants (i.e, entraînés et contrôle) de l'étude MIXTRAIN passe un bilan post-test, équivalent au bilan pré-test. Celui-ci permet d'observer les variations de scores aux tests effectués avant la phase d'entraînement, et donc d'évaluer l'impact immédiat des entraînements.

1.4.2. À six mois

Ce bilan, six mois après la fin de l'entraînement, n'est proposé qu'aux sujets entraînés. Le choix d'évaluer les participants six mois après le post test immédiat s'est établi à partir de trois critères. Premièrement, au sein des études sur les entraînements combinés, des tests de rétention ont été mis en place à trois mois et cinq ans (e.g., Oswald et al., 2006 ; Linde & Alfermann, 2013). Deuxièmement, pour éviter l'existence d'un effet test-retest, la mise en place de ce bilan à six mois d'intervalle semble pouvoir nous en protéger. Enfin, les contraintes temporelles de ce projet ne nous permettaient pas de procéder à un test plus écarté.

Le bilan mis en place demeure exactement le même que les précédents, soit une évaluation des capacités cognitives, cardiorespiratoires, motrices et psychologiques.

1.5. Synthèse de la procédure de l'étude MIXTRAIN

L'ensemble de la procédure expérimentale de l'étude MIXTRAIN est synthétisé ci-dessous (Figure 18).

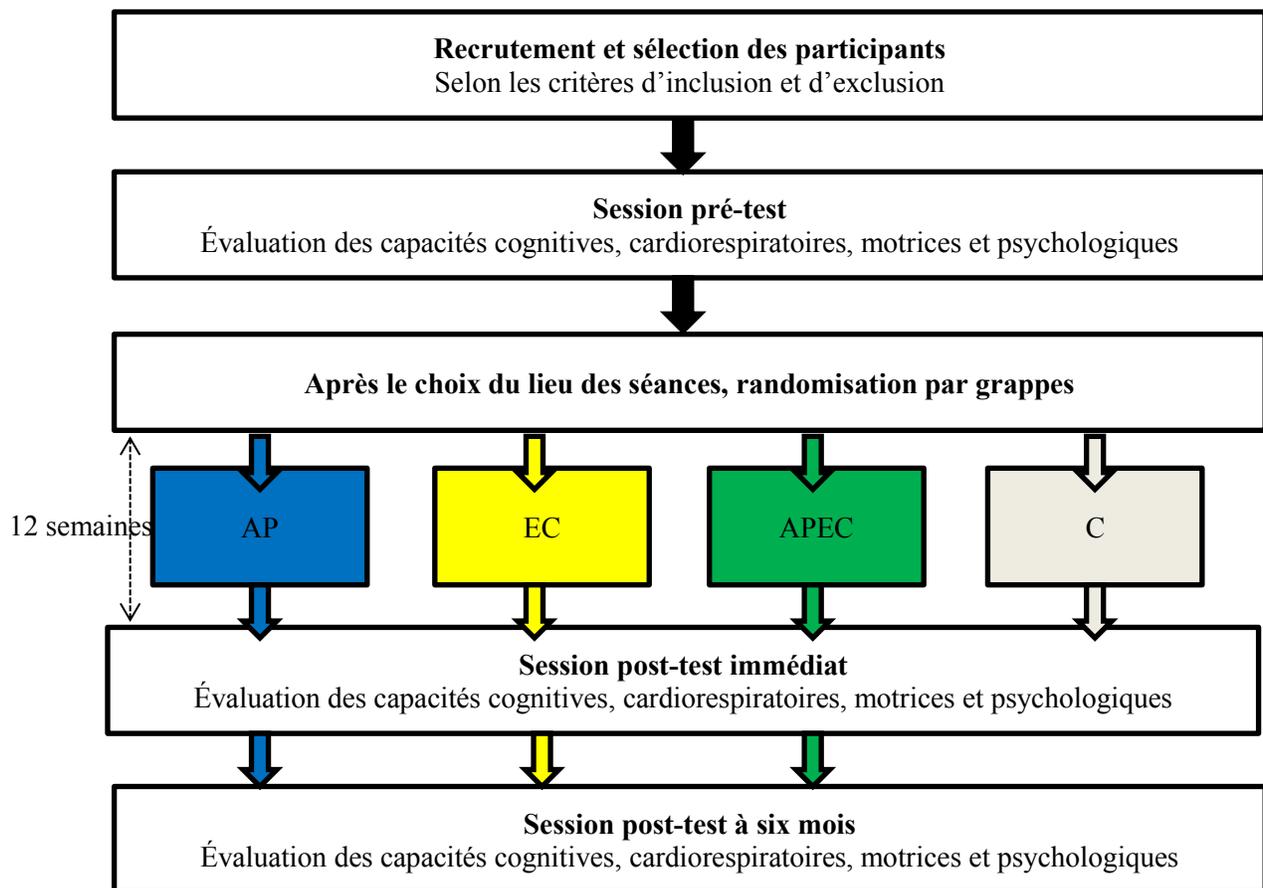


Figure 18. Procédure expérimentale de l'étude MIXTRAIN sur les capacités cognitives, cardiorespiratoires, motrices et psychologiques (organisation graphique d'après Audiffren et al., 2011)

2. RÉSULTATS

L'ensemble des analyses statistiques est réalisé à partir du logiciel d'analyses de données STATISTICA version 7.1 (Stat Soft France, 2005). Les analyses statistiques se partagent en cinq temps. Le premier temps portera sur la présentation de la population de notre étude. Le deuxième temps consistera à contrôler le niveau initial des quatre groupes mis en place. Le troisième temps traitera de l'attractivité des trois programmes. Le quatrième temps d'analyses s'intéressera aux effets des trois programmes sur les tests cognitifs, cardiorespiratoire, psychologiques et moteurs, à court terme. Cette partie précisera également les différences d'effets entre les entraînements. Et enfin, le dernier temps d'analyse s'attachera à apprécier le maintien des effets des entraînements six mois après la fin des séances.

2.1. Caractéristiques de la population initiale

Au regard des critères d'inclusion de notre étude, soixante-seize personnes (56 femmes, 20 hommes ; âgés entre 66 et 91 ans) composent l'échantillon expérimental de cette étude d'intervention. Après répartition aléatoire, 21 participants sont inclus dans le groupe AP, 19 participants dans le groupe EC, 21 participants dans le groupe APEC et 15 participants dans le groupe contrôle. Au cours de l'étude, trois participants du groupe EC ont abandonné le programme après une ou deux séances en raison d'une indisponibilité régulière et trois participants du groupe AP ont abandonné le programme après quatre ou cinq séances suivant les participants, expliquant que l'entraînement était trop chronophage ou trop sollicitant physiquement. Un participant du groupe contrôle n'est pas revenu au rendez-vous post-test pour des raisons annexes à l'étude. En conséquence, les analyses des résultats sur les programmes de cette étude porteront uniquement sur les performances des 69 sujets restants : 18 dans le groupe AP (dont deux hommes), 16 dans le groupe EC (dont quatre hommes), 21 dans le groupe APEC (dont sept hommes) et 14 dans le groupe contrôle (dont quatre hommes ; Figure 19). Toutefois, les analyses des résultats six mois après la fin des programmes, porteront sur 48 sujets issus de la population entraînée. Nous verrons par la suite la description de cet échantillon.

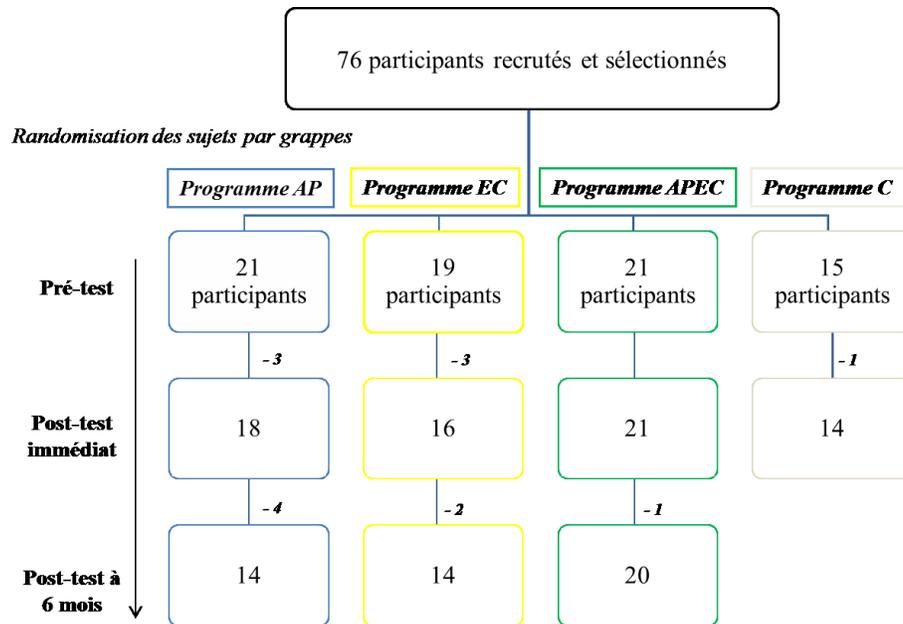


Figure 19. Suivi de la population MIXTRAIN.

L'ensemble des informations caractérisant les quatre groupes est présenté dans le Tableau 3. Aucune différence significative n'est observée entre les quatre groupes, sur l'ensemble des variables contrôles : âge, niveau de santé, niveau d'éducation, taille, poids, scores au MMSE et à l'échelle de dépression gériatrique.

Tableau 3. Caractéristiques de la population d'étude MIXTRAIN

Variables	AP (n=18)		EC (n=16)		APEC (n=21)		C (n=14)		F(3.65)	p
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD		
Age	77.1	1.4	76.3	1.5	75.2	1.3	79.2	4	1.2	ns
Niveau de santé	3.5	0.2	3.6	0.2	3.3	0.1	3.4	0.2	0.9	ns
Niveau d'éducation	6.1	0.3	5.5	0.4	5.9	0.3	5.8	0.4	0.5	ns
Taille (cm)	160.5	1.7	165.2	1.8	165.4	1.6	161.9	1.9	2.1	ns
Poids (kg)	64.8	3.1	63.3	3.3	70.3	2.8	63.7	3.5	1.2	ns
MMSE	28.2	0.4	27.3	0.4	28.1	0.4	27.3	0.5	0.9	ns
GDS	8.7	1.5	9.75	1.6	10.6	1.4	10.9	1.7	0.4	ns

Note. M = Moyenne. ET = Ecart Type. MMSE = Mini Mental State Examination; GDS = Geriatric Depression Scale.

2.2. Comparaison des performances initiales

Les premières analyses consistent à vérifier que les quatre groupes présentent le même niveau initial de fonctionnement exécutif, de capacités cardiorespiratoires, psychologiques et motrices avant le début des 12 semaines d'interventions. Les scores en pré-test sur la totalité des mesures sont comparés à l'aide d'une analyse de la variance (ANOVA) à un facteur puis, lorsque les résultats étaient significatifs, nous avons effectué des comparaisons inter-groupes à l'aide du post hoc de Tuckey afin d'identifier les différences significatives potentiellement existantes entre les groupes. L'intégralité des résultats est présentée dans les Tableau 4, Tableau 5 et Tableau 6.

Tableau 4. Comparaisons des performances exécutives initiales (pré-tests) entre les groupes

Variables exécutives	AP (n=18)		EC (n=16)		APEC (n=21)		C (n=14)		F(3,65)	p ≤
	M	ET	M	ET	M	ET	M	ET		
Bref (Nombre)	16.4	1.8	15.7	1.5	16.4	1.5	15.6	2.2	1.1	ns
Wasi (Nombre)	11.5	5.7	11.3	7.3	12.4	6.5	9.9	6.2	0.4	ns
Stroop : Inhibition (Nombre)	32.1	6.7	28.4	7.2	29.4	8.4	27.6	10.5	0.9	ns
Stroop : Flexibilité (Nombre)	28.9	6.5	27.2	8.8	26.5	6.8	24.7	10.2	0.7	ns
TMT B (sec)	122.5	58.4	137.8	68.1	125.7	56.7	152.6	82.7	0.7	ns
Digit Span Forward (empan)	5.4	1.1	5.2	0.9	5.5	0.9	5.2	1.1	0.3	ns
Digit Span Backward (empan)	4.2	1.1	4.1	0.7	4.1	1.2	5.2	1.1	0.4	ns
Séquence lettre chiffre (empan)	4.8	0.9	4.8	1.0	4.9	0.8	3.9	0.9	0.8	ns

Note. M = Moyenne. ET = Ecart Type. TMT B = Trail Making Test partie B.

Aucune différence significative n'est observée entre les quatre groupes, sur l'ensemble des variables exécutives.

Sur l'ensemble des comparaisons des capacités de marche, quatre sont significatives. Les analyses post hoc de ces variables ont révélé des différences significatives. Le groupe APEC est significativement plus lent que les groupes AP ($p \leq 0.001$) et EC ($p \leq 0.01$) à l'évaluation du TUG. Pour les performances de marche en simple tâche (i.e., à allure naturelle), le groupe AP est significativement plus rapide que le groupe contrôle ($p \leq 0.05$). Cependant, la différence statistique mis en évidence sur ces marches ne démontre pas une différence clinique fonctionnelle que ce soit sur la marche (e.g., Fried et al., 2001) ou sur le test du TUG (e.g., Kristensen, Foss, & Kehlet, 2009 ; Shumway-Cook, Brauer, & Woollacott, 2000). Parallèlement, le traitement

statistique par une ANOVA à un facteur présente un effet significatif global sur les variables vitesse du WSC nb et du WTMT N, en revanche les tests post hoc ne mettent pas en évidence de différence significative entre les groupes. Ainsi, seulement la vitesse de marche et le TUG présentent statistiquement des différences inter-groupes.

Tableau 5. Comparaisons des performances initiales aux tests moteurs (pré-tests) entre les groupes

Variables motrices	AP (n=18)		EC (n=16)		APEC (n=21)		C (n=14)		F(3,65)	p ≤
	M	ET	M	ET	M	ET	M	ET		
TUG (sec)	10.0*	1.7	10.2**	2.7	12.8***	2.2	11.7	2.0	6.9	0.001
Vitesse simple tâche (cm/s)	15.9***	18.6	111.3	19.9	102.4	12.6	99.6***	14.3	3.6	0.05
Vitesse WSC nb (cm/s)	31.7	6.3	28.4	7.1	28.2	8.1	35.6	11.3	2.8	0.05
Vitesse WSC lec (cm/s)	32.4	7.2	29.2	6.2	33.1	10.0	30.5	7.8	0.2	ns
Vitesse WSC clr (cm/s)	41.9	13.3	34.1	11.8	33.7	13.8	36.8	11.7	1.6	ns
Vitesse WTMT N (cm/s)	43.7	7.1	43.1	7.6	38.6	6.4	38.3	5.0	3.2	0.05
Vitesse WTMT A (cm/s)	33.3	6.4	31.6	8.3	29.9	10.1	26.9	5.5	2.5	ns
Vitesse WTMT B (cm/s)	15.5	5.8	15.0	5.2	15.4	5.4	18.8	15.1	0.6	ns
Vitesse DT CM (cm/s)	28.1	21.2	26.0	19.0	28.9	15.6	26.9	12.8	0.1	ns
Vitesse DT stroop oral (cm/s)	64.5	23.7	54.5	16.6	61.1	14.9	55.1	15.2	1.2	ns

Note. M = Moyenne. ET = Ecart Type. TUG = Timed up and Go test. WSC nb = Walking Stroop Carpet condition noir et blanc. WSC lec = Walking Stroop Carpet condition lecture. WSC clr = Walking Stroop Carpet condition couleur. WTMT N = Walking Trail Making Test condition Neutre. WTMT A = Walking Trail Making test condition A. WTMT B = Walking Trail Making Test condition B. DT = Double Tâche. CM = Calcul Mental. Post hoc de Tuckey : * significatif entre APEC et AP. **significatif entre APEC et EC. ***significatif entre AP et C

Aucune différence significative n'est observée entre les quatre groupes sur l'ensemble des variables cardiorespiratoires et psychologiques. Par conséquent, à la vue de l'ensemble des résultats (i.e., exécutifs, moteurs, cardiorespiratoire et psychologiques), nous considérons que les quatre groupes présentent des niveaux de performances équivalents au début du programme.

Tableau 6. Comparaisons des performances cardiorespiratoire et psychologiques initiales (pré-tests) entre les groupes

Variable cardiorespiratoire	AP (n=18)		EC (n=16)		APEC (n=21)		C (n=14)		F(3, 65)	p ≤
	M	ET	M	ET	M	ET	M	ET		
VO ₂ max (ml/min/kg)	21.0	5.4	22.6	7.9	23.3	6.3	21.7	7.3	0.4	ns
Variables psychologiques										
FES	20.3	4.6	22.3	6.8	22.8	4.9	24.8	8.8	1.4	ns
SF36 Santé globale	60.7	3.7	55.5	3.9	51.6	3.4	56.4	4.2	1.1	ns
SF36 Fonctionnement physique	81.4	4.3	77.4	4.6	79.6	4.0	70.6	5.0	1.0	ns
SF36 Fonctionnement social	84.1	4.8	67.3	5.1	72.0	4.5	77.1	5.5	2.2	ns
SF36 Bien être émotionnel	63.2	3.8	66.3	4.0	61.8	3.5	60.4	4.3	0.4	ns
SF36 Vitalité	55.3	3.9	52.8	4.1	52.2	3.4	60.5	4.3	0.9	ns
SF36 Douleur	71.3	5.3	64.5	5.6	63.6	4.9	76.9	6.0	1.3	ns
SF36 Limites physiques	60.9	7.8	51.6	6.9	43.8	6.0	36.6	7.4	2.4	ns
SF36 Limites émotionnelles	64.4	8.0	66.3	8.5	51.8	7.4	49.0	9.1	1.1	ns

Note. M = Moyenne. ET = Ecart Type. FES = Fall Efficacy Scale. SF 36= Short Form Health Survey.

2.3. Analyse des caractéristiques des programmes

Ce troisième temps d'analyse consiste à observer l'attractivité et l'intensité d'effort des programmes.

2.3.1. Attractivité des programmes

L'attractivité des trois programmes est ici caractérisée par le taux de présence au sein des entraînements et par une note d'évaluation des programmes donnée à posteriori par les participants (Figure 20). Les taux de présence au sein des groupes sont des pourcentages, calculés à partir du nombre de présences par rapport au nombre de séances totales (i.e., 24). Le groupe AP, EC et APEC sont respectivement venus à hauteur de 74.8%, 78.4% et 84.0%. Leur traitement statistique par une ANOVA à un facteur ne présente pas de différence significative entre les groupes, $F(2, 52) = 2.45, p > 0.05$.

En plus de cette première mesure objective, l'attractivité du programme a aussi été évaluée par une mesure subjective basée sur l'appréciation à postériori du programme par les participants à l'aide d'une échelle de type likert de 0 à 10 (0 = programme pas apprécié ; 10 = programme très apprécié). Elle s'élève pour les groupes AP, EC, et APEC à respectivement 8.1, 8.2 et 8.5. Le traitement statistique par une ANOVA à un facteur ne présente pas de différence significative entre les groupes, $F(2, 52) = 0.017, p > 0.05$.

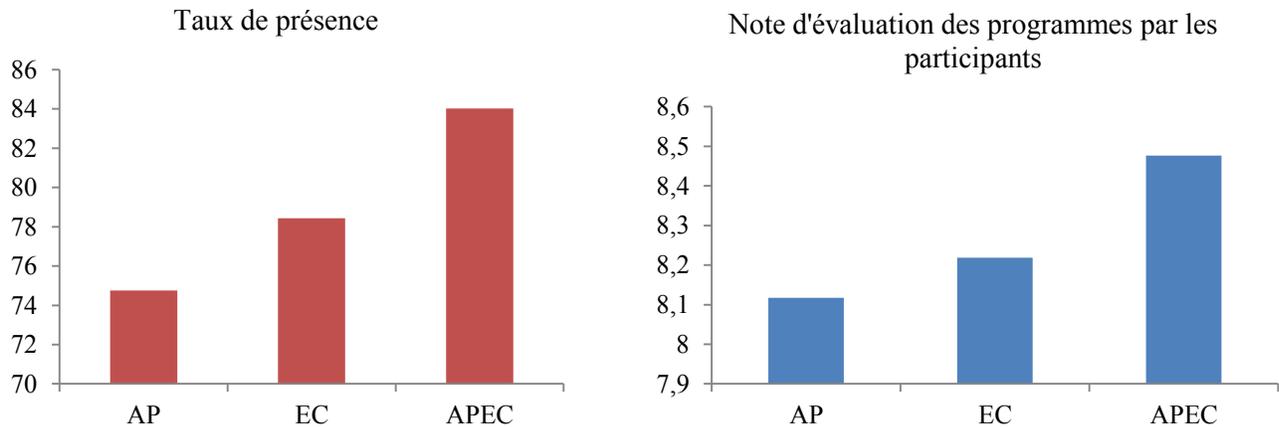


Figure 20. Graphiques caractérisant l'attractivité des programmes par le taux de présence et la note d'appréciation à posteriori.

2.3.2. Intensité d'effort

L'intensité d'effort aérobic (IE en pourcentage, %), ne concerne que les programmes AP et APEC. Elle a été évaluée à partir de la Fréquence Cardiaque moyenne enregistrée au cours de l'Exercice (FCE), la Fréquence Cardiaque de Repos (FCr) et la Fréquence Cardiaque de Réserve (FCR)²¹. Elle est calculée de la façon suivante : $IE \% = (FCE - FCr) / FCR$.

Tableau 7. Comparaison des intensités d'effort aérobic calculées à partir des FCr et FCE durant toute la durée des entraînements AP et APEC

	AP (n=18)		APEC (n=21)		t	p ≤
	M	ET	M	ET		
Intensité d'effort (IE en %)	47.25	23.7	32.2	16.02	2.37	0.05

Note. M = Moyenne. ET = Ecart Type.

²¹ Issue de la formule de la Fréquence Cardiaque Cible présentée dans la partie Méthodologie.

Le traitement statistique à l'aide d'un test de Student présente une différence significative entre le groupe AP et APEC sur l'intensité d'effort effectuée lors des séances (Tableau 7). Le groupe APEC produit une intensité d'effort plus faible que le groupe AP. Les valeurs présentées correspondent à une intensité d'effort modérée pour le groupe AP (i.e., 40 à 70%) et faible (i.e., ≤ 40%) pour le groupe APEC, d'après l'American College of Sports Medicine (ACSM, 2006).

Les enregistrements de la FCE sont faits sur la durée de la séance (incluant l'échauffement et le retour au calme) et non uniquement sur le temps d'exercice cible, pouvant ainsi minimiser l'intensité relevée. En comparaison à la pratique, il faut également tenir compte du caractère discontinu de la pratique de l'entraînement APEC, du fait de l'arrêt spontané parfois du pédalage à cause d'une grande concentration sur l'exercice cognitif demandé et de sa reprise plus ou moins rapide.

2.4. Analyse des effets des entraînements à court terme

Ce quatrième temps d'analyse a pour objectif de déterminer l'impact de chaque entraînement sur les variables cognitives, cardiorespiratoire, motrices, et psychologiques à court terme, puis de comparer les scores d'améliorations APEC avec les autres programmes.

2.4.1. Impact des entraînements : effets propres de chaque programme

Afin de déterminer l'effet intra-groupe des entraînements, nous avons réalisé une ANOVA à mesures répétées. Ce type d'analyse permet d'observer l'effet des programmes sur les participants en comparant les valeurs pré-tests aux valeurs post-tests des variables. Les quatre groupes ont à chaque fois été inclus dans l'analyse à deux moment de mesures (Pré et Post entraînement). Pour apporter plus de précisions à ces analyses et tester les différentes hypothèses émises, quatre comparaisons planifiées s'ajoutent à chaque ANOVA, comparant alors les moyennes pré-tests vis-à-vis des moyennes post-tests au sein de chaque groupe (i.e., C, AP, EC et APEC)²². L'ensemble de ces analyses est résumé à travers les tableaux suivants (i.e., Tableau 8, Tableau 9, Tableau 10, Tableau 11 et Tableau 12). Par souci de compréhension, nous présentons en premier lieu les résultats des ANOVAs (Tableau 8, Tableau 9 et Tableau 10) puis des

²² Ces comparaisons planifiées nous permettront dans un deuxième temps de calculer la puissance des effets (d de Cohen, 1988). Le d a été calculé à partir de la formule de Rosenthal (1991), qui est portée sur la comparaison intra groupe. $d = t / \sqrt{n}$

comparaisons planifiées avec la taille d'effet (Tableau 11 et Tableau 12). De plus, les tendances à l'amélioration ($p \leq 0.10$) ont été inscrites grisées pour apporter de plus larges informations quant aux effets des entraînements.

Le premier bloc d'analyse d'ANOVAs (i.e., Tableau 8) présente un effet principal systématique du temps (i.e., Pré test - Post test) sur l'ensemble des variables exécutives et cardiorespiratoires sauf pour le Stroop flexibilité, mais également un effet principal du groupe sur la BREF et le test de séquence lettre chiffre. De plus, il existe un effet d'interaction sur le test du Wasi, du TMT B et du séquence lettre-chiffre.

Le deuxième bloc d'analyse d'ANOVAs (i.e., Tableau 9) présente un effet principal du temps (i.e., Pré test - Post test) sur les variables santé globale, bien être émotionnel et douleur de la SF36, mais aussi un effet principal du groupe sur le fonctionnement physique et sociale de la SF36. Pour ce qui est des effets d'interaction, seuls les tests de la FES et du fonctionnement physique en montrent un.

Le troisième bloc d'analyse d'ANOVAs (i.e., Tableau 10) présente un effet principal du temps sur de nombreux test moteurs de marche, à savoir le TUG, la vitesse de marche, le WSC nb et clr, le WTMT N et le Stroop oral. Il montre aussi un effet principal du groupe sur le TUG, la vitesse de marche en simple tâche, et en situation de marche complexe illustrée par le WSC nb.

Les comparaisons planifiées nous apportent des précisions sur les effets des ANOVAs. Sur le plan cognitif (Tableau 11), les participants du groupe AP améliorent cinq tests exécutifs sur les huit mis en place. De plus, deux tendances à l'amélioration sont constatées pour les tests de la BREF et du Digit Span Backward (i.e., respectivement $p = 0.08$, $p = 0.09$). Les participants du groupe EC montrent aussi un bénéfice de l'entraînement sur cinq tests avec en plus deux tendances positives sur les tests du Stroop inhibition et du Digit Span Backward (i.e., respectivement, $p = 0.06$, $p = 0.08$). Enfin, le groupe APEC présente des améliorations sur six des huit tests exécutifs, avec deux tendances positives sur les deux tests restants, à savoir la BREF et le Stroop flexibilité (i.e., respectivement $p = 0.06$, $p = 0.06$).

Sur le plan cardiorespiratoire (Tableau 11), la VO_2 max est significativement améliorée pour les groupes AP et APEC.

Sur le plan psychologique (Tableau 12), le groupe AP n'améliore aucun de ses scores et le groupe EC montre une augmentation du fonctionnement social. Le groupe APEC présente six tests améliorés parmi les neufs évalués.

Tableau 8. Résultats de l'ANOVA à mesures répétées pour les variables exécutives et cardiorespiratoire

	AP		EC		APEC		C		Anova à mesures répétées (groupe x Pré test-Post test)			
	Pré test	Post test	<i>F</i> (3, 65)	<i>p</i> ≤	η^2							
<i>Variables exécutives</i>	<i>M ± ET</i>											
Bref (Nombre)	16.4 ± 1.8	17.1 ± 0.9	15.7 ± 1.5	16.7 ± 1.5	16.4 ± 0.5	17.1 ± 1.0	15.6 ± 2.2	15.1 ± 2.2	effet du groupe	3.71	0.05	0.14
									effet Pré test-Post test	5.48	0.05	0.08
									effet interaction	2.46	0.07	0.10
Wasi (Nombre)	11.5 ± 5.7	16.8 ± 5.9	11.3 ± 7.3	15.2 ± 6.8	12.4 ± 6.5	16.4 ± 7.3	9.9 ± 6.2	9.5 ± 4.9	effet du groupe	/	ns	/
									effet Pré test-Post test	33.72	0.0001	0.34
									effet interaction	4.46	0.001	0.17
Stroop : inhibition (nombre)	32.1 ± 6.7	35.3 ± 8.1	28.4 ± 7.2	31.1 ± 6.1	29.4 ± 8.4	32.3 ± 8.6	27.6 ± 10.5	30.9 ± 8.0	effet du groupe	/	ns	/
									effet Pré test-Post test	19.80	0.0001	0.23
									effet interaction	/	ns	/
Stroop : flexibilité (nombre)	28.9 ± 6.4	30.9 ± 6.2	27.2 ± 8.8	25.5 ± 8.4	26.5 ± 6.8	29.1 ± 7.2	24.7 ± 10.2	26.4 ± 6.5	effet du groupe	/	ns	/
									effet Pré test-Post test	/	ns	/
									effet interaction	/	ns	/
TMT B (seconde)	122.5 ± 58.4	97.3 ± 58.3	137.9 ± 68.1	109.2 ± 56.9	125.7 ± 56.7	88.5 ± 46.3	152.6 ± 82.7	156.3 ± 86.3	effet du groupe	2.01	ns	0.09
									effet Pré test-Post test	19.60	0.0001	0.23
									effet interaction	3.00	0.05	0.12
Digit Span Forward (empan)	5.4 ± 1.1	5.9 ± 0.9	5.2 ± 0.9	6.2 ± 1.1	5.5 ± 0.9	6.2 ± 1.1	5.2 ± 1.1	5.4 ± 0.8	effet du groupe	/	ns	/
									effet Pré test-Post test	18.51	0.0001	0.22
									effet interaction	/	ns	/
Digit Span Backward (empan)	4.2 ± 1.1	4.7 ± 1.2	4.1 ± 0.7	4.6 ± 1.1	4.1 ± 1.2	5.0 ± 1.1	5.2 ± 1.1	3.8 ± 1.0	effet du groupe	2.29	0.09	0.10
									effet Pré test-Post test	9.01	0.01	0.12
									effet interaction	/	ns	/
Séquence lettre chiffre (empan)	4.8 ± 0.9	5.7 ± 0.9	4.8 ± 1.0	5.6 ± 1.0	4.9 ± 0.8	5.4 ± 1.0	3.9 ± 0.9	4.2 ± 1.0	effet du groupe	4.13	0.01	0.16
									effet Pré test-Post test	18.28	0.0001	0.22
									effet interaction	4.28	0.01	0.16
<i>Variable cardiorespiratoire</i>												
VO ₂ max	21.0 ± 5.4	22.3 ± 5.3	22.6 ± 7.8	22.5 ± 8.1	23.3 ± 6.3	25.0 ± 6.5	21.7 ± 7.3	20.9 ± 7.7	effet du groupe	/	ns	/
									effet Pré test-Post test	4.73	0.05	0.07
									effet interaction	5.64	0.01	0.21

M = Moyenne. ET = Ecart type. η^2 = taille d'effet (Cohen, 1988). Anova = Analyse de la variance. / = pas d'effet.

Tableau 9. Résultats de l'ANOVA à mesures répétées sur les variables psychologiques

Variables psychologiques	AP		EC		APEC		C		Anova à mesures répétées (groupe x Pré test-Post test)			
	Pré test	Post test	F(3, 65)	p ≤	η ²							
	M ± ET											
FES	20.3 ± 4.6	19.2 ± 3.5	22.3 ± 6.8	22.7 ± 6.9	22.8 ± 4.9	20.6 ± 3.9	24.8 ± 8.8	26.1 ± 12.9	effet du groupe	2.15	0.10	0.09
									effet Pré test-Post test	/	ns	/
									effet interaction	2.33	0.08	0.10
SF36 Santé globale	60.7 ± 3.7	62.3 ± 4	55.5 ± 3.9	58.3 ± 4.2	51.6 ± 3.4	58.3 ± 3.7	56.4 ± 4.2	61.1 ± 4.5	effet du groupe	/	ns	/
									effet Pré test-Post test	6.10	0.05	0.09
									effet interaction	/	ns	/
SF36 Fonctionnement physique	81.4 ± 4.3	82.4 ± 5	77.4 ± 4.6	79.1 ± 5.3	79.6 ± 4	78.1 ± 4.6	70.6 ± 5	55.6 ± 5.6	effet du groupe	3.64	0.05	0.14
									effet Pré test-Post test	/	ns	/
									effet interaction	2.38	0.08	0.10
SF36 Fonctionnement social	84.1 ± 4.8	88.9 ± 5.9	67.3 ± 5.1	83.2 ± 6.3	72 ± 4.5	78.4 ± 5.5	77.1 ± 5.5	54.1 ± 6.7	effet du groupe	3.16	0.03	0.13
									effet Pré test-Post test	/	ns	/
									effet interaction	6.79	0.001	0.24
SF36 Bien être émotionnel	63.2 ± 3.8	66.8 ± 3.7	66.3 ± 4	66.9 ± 3.9	61.8 ± 3.5	68.1 ± 3.4	60.4 ± 4.3	67.8 ± 4.2	effet du groupe	/	ns	/
									effet Pré test-Post test	8.72	0.01	0.12
									effet interaction	/	ns	/
SF36 Vitalité	55.3 ± 3.9	58.5 ± 4.3	52.8 ± 4.1	52.3 ± 4.6	52.2 ± 3.4	56.3 ± 4	60.5 ± 4.3	56.9 ± 4.9	effet du groupe	/	ns	/
									effet Pré test-Post test	/	ns	/
									effet interaction	/	ns	/
SF36 Douleur	71.3 ± 5.3	70.7 ± 5.3	64.5 ± 5.6	70.4 ± 5.6	63.6 ± 4.9	83.4 ± 4.9	76.9 ± 6.0	83.7 ± 6.0	effet du groupe	/	ns	/
									effet Pré test-Post test	11.56	0.001	0.15
									effet interaction	/	ns	/
SF36 Limites physiques	60.9 ± 6.5	54.4 ± 7.8	51.6 ± 6.9	54.7 ± 8.3	43.8 ± 6.0	51.2 ± 7.2	36.6 ± 7.4	44.4 ± 8.8	effet du groupe	/	ns	/
									effet Pré test-Post test	/	ns	/
									effet interaction	/	ns	/
SF36 Limites émotionnelles	64.4 ± 8	74.5 ± 8.8	66.3 ± 8.5	62.5 ± 9.3	51.8 ± 7.4	66.7 ± 8.1	49.0 ± 9.1	44.4 ± 9.9	effet du groupe	/	ns	/
									effet Pré test-Post test	/	ns	/
									effet interaction	/	ns	/

M = Moyenne. ET = Ecart type. η² = taille d'effet (Cohen, 1988). Anova = Analyse de la variance. FES = Fall Efficacy Scale. SF 36= Short Form Health Survey. / = pas d'effet.

Tableau 10. Résultats de l'ANOVA à mesures répétées sur les variables motrices

Variables motrices	AP		EC		APEC		C		Anova à mesures répétées (groupe x Pré test-Post test)			
	Pré test	Post test	Pré test	Post test	Pré test	Post test	Pré test	Post test	F(3, 65)	p ≤	η ²	
	M ± ET	M ± ET	M ± ET									
TUG (sec)	10.0 ± 1.7	8.9 ± 1.2	10.2 ± 2.7	10.0 ± 3.4	12.8 ± 2.2	9.8 ± 1.2	11.6 ± 2.0	11.6 ± 2.2	effet du groupe	4.99	0.01	0.18
									effet Pré test-Post test	19.02	0.0001	0.23
									effet interaction	7.67	0.001	0.26
Vitesse simple tâche (cm/s)	115.9 ± 18.6	119.4 ± 17.9	111.3 ± 19.9	112.6 ± 26.1	102.4 ± 12.6	114.4 ± 16.0	99.6 ± 14.3	90.6 ± 15.2	effet du groupe	4.86	0.01	0.18
									effet Pré test-Post test	/	ns	/
									effet interaction	10.28	0.0001	0.32
Vitesse WSC nb (cm/s)	31.7 ± 6.3	33.5 ± 6.4	28.4 ± 7.1	30.1 ± 6.6	28.2 ± 8.1	32.7 ± 6.9	35.5 ± 11.3	34.6 ± 9.8	effet du groupe	/	ns	/
									effet Pré test-Post test	7.67	0.01	0.11
									effet interaction	3.18	0.05	0.13
Vitesse WSC lec (cm/s)	32.4 ± 7.2	33.3 ± 6.9	29.2 ± 6.2	30.8 ± 8.2	33.1 ± 10.0	35.7 ± 7.5	30.5 ± 7.8	30.7 ± 7.4	effet du groupe	/	ns	/
									effet Pré test-Post test	2.88	0.09	0.04
									effet interaction	/	ns	/
Vitesse WSC clr (cm/s)	41.9 ± 13.3	43.0 ± 14.6	34.1 ± 11.8	38.0 ± 15.0	33.7 ± 13.8	41.6 ± 15.2	36.8 ± 11.7	36.2 ± 13.9	effet du groupe	/	ns	/
									effet Pré test-Post test	6.02	0.05	0.09
									effet interaction	2.33	0.08	0.10
Vitesse WTMT N (cm/s)	43.7 ± 7.1	47.3 ± 8.7	43.1 ± 7.6	43.7 ± 9.1	38.6 ± 6.4	43.8 ± 7.3	38.3 ± 5.0	38.5 ± 4.7	effet du groupe	3.56	0.05	0.14
									effet Pré test-Post test	9.17	0.01	0.12
									effet interaction	2.39	0.08	0.10
Vitesse WTMT A (cm/s)	33.3 ± 6.4	33.1 ± 8.2	31.6 ± 8.3	33.1 ± 6.9	29.9 ± 10.1	33.5 ± 7.9	26.9 ± 5.5	28.4 ± 4.8	effet du groupe	/	ns	/
									effet Pré test-Post test	3.42	0.07	0.05
									effet interaction	/	ns	/
Vitesse WTMT B (cm/s)	15.5 ± 5.8	18.1 ± 7.6	15.1 ± 5.2	15.4 ± 4.3	15.4 ± 5.4	16.8 ± 7.1	18.8 ± 15.1	17.9 ± 11.8	effet du groupe	/	ns	/
									effet Pré test-Post test	/	ns	/
									effet interaction	/	ns	/
Vitesse DT CM (cm/s)	28.1 ± 21.2	35.5 ± 24.0	26.0 ± 19.0	28.2 ± 19.0	28.9 ± 15.6	37.8 ± 20.9	26.9 ± 12.8	24.6 ± 17.4	effet du groupe	/	ns	/
									effet Pré test-Post test	2.81	0.10	0.04
									effet interaction	/	ns	/
Vitesse DT Stroop oral (cm/s)	64.5 ± 23.7	74.5 ± 24.0	54.5 ± 16.6	67.6 ± 22.8	61.1 ± 14.9	69.2 ± 17.4	55.1 ± 15.2	50.3 ± 17.6	effet du groupe	3.01	0.05	0.12
									effet Pré test-Post test	7.29	0.01	0.10
									effet interaction	2.51	0.07	0.10

M = Moyenne. ET = Ecart type. η² = taille d'effet (Cohen, 1988). Anova = Analyse de la variance. / = pas d'effet. TUG = Timed up and Go test. WSC nb = Walking Stroop Carpet condition noir et blanc. WSC lec = Walking Stroop Carpet condition lecture. WSC clr = Walking Stroop Carpet condition couleur. WTMT N = Walking Trail Making Test condition Neutre. WTMT A = Walking Trail Making test condition A. WTMT B = Walking Trail Making Test condition B. DT = Double Tâche. CM = Calcul Mental.

Tableau 11. Résultats des quatre comparaisons planifiées sur les variables exécutives et cardiorespiratoires

Variables exécutives	AP Pré*AP Post			EC Pré*EC Post			APEC Pré*APEC Post			C Pré*C Post	
	<i>t</i>	<i>p</i> ≤	<i>d</i>	<i>t</i>	<i>p</i> ≤	<i>d</i>	<i>t</i>	<i>p</i> ≤	<i>d</i>	<i>t</i>	<i>p</i> ≤
Bref (nombre)	1.76	0.08	0.41	2.48	0.05	0.62	1.9	0.06	0.42	/	ns
Wasi (nombre)	4.99	0.0001	1.17	3.38	0.001	0.84	4.04	0.0001	0.88	/	ns
Stroop : inhibition (nombre)	2.48	0.05	0.58	1.91	0.06	0.47	2.42	0.05	0.53	2.15	0.05 [^]
Stroop : flexibilité (nombre)	/	ns	/	/	ns	/	1.38	0.06	0.30	/	ns
TMT B (sec)	-2.63	0.01	-0.62	-2.83	0.01	-0.71	-4.41	0.0001	-0.96	9.57	0.0001
Digit Span Forward (empan)	2.09	0.05	0.49	3.54	0.001	0.89	2.7	0.01	0.59	/	ns
Digit Span Backward (empan)	1.67	0.09	0.39	1.77	0.08	0.44	3.1	0.001	0.65	/	ns
Séquence lettre chiffre (empan)	3.99	0.0001	0.94	3.44	0.001	0.86	2.31	0.05	0.50	/	ns
Variable cardiorespiratoires											
VO ₂ max	2.64	0.01	0.62	/	/	/	3.94	0.001	0.86	/	/

/ = pas d'effet. *d* = taille d'effet (Cohen, 1988). [^] = Effet retest du groupe contrôle.

Sur le plan moteur (Tableau 12), le groupe AP présente des améliorations du TUG, de la vitesse du WTMT N et B. Le groupe EC n'améliore qu'une seule variable, à savoir la vitesse lors de la double tâche du Stroop oral. En revanche, le groupe APEC est plus rapide sur huit des dix tests de marche mesurés²³.

Sur l'ensemble des tests mis en place (i.e., 28), le groupe contrôle montre une amélioration de ses scores sur deux variables : le Stroop inhibition et le bien être émotionnel. Étant donné que le groupe contrôle ne participe à aucun programme, les bénéfices qui ont été observés à travers ces deux variables ne sont pas dus aux programmes d'entraînements. Parallèlement, le groupe contrôle diminue ses performances dans les scores de TMT B, de fonctionnement mental et social. À travers ces résultats, on peut constater donc un déclin cognitif de manière objective.

Les tendances (i.e., *p* grisés) donnent aussi une indication sur les bénéfices des entraînements. Ainsi les groupes AP, EC et APEC présentent en plus chacun deux tendances au sein des variables exécutives. Afin de compléter ces résultats, les analyses ont donné lieu aux calculs de tailles d'effet par le *d* de Cohen. Celles-ci ont l'avantage de montrer la puissance de chaque effet

²³ De plus pour compléter les analyses sur les variables fonctionnelles de marches complexes et de double tâche, il a été procédé une analyse en parallèle sur leur score de tâche cognitive effectuée au même moment. L'évaluation de ces tâches cognitives est illustrée par le score d'erreur ou par un ratio entre le nombre d'erreur et le nombre de réponses citées durant le test. Ainsi les scores d'erreur du WSC lecture, WSC couleur, WTMT N, WTMT A, WTMT B et du ratio du calcul mental ne sont significativement pas différents entre les moyennes pré et post pour chaque groupe. En revanche, les scores d'erreurs du WSC nb et le ratio d'erreur du Stroop oral montrent une augmentation significative des moyennes du groupe contrôle en post-tests (respectivement, *p* = 0.04 et *p* = 0.03).

(significatifs ou tendances) par un score chiffré comparable entre toutes les variables. Par conséquent, elles aident à considérer la qualité de chaque effet (e.g., faible, modéré, ou fort).

D'une manière synthétique, en faisant abstraction des catégorisations des tableaux, on constate que sur les 28 variables mises en place, les programmes AP, EC et APEC ont apporté des améliorations significatives sur respectivement : 9, 7 et 20 variables²⁴ (Tableau 13).

Tableau 12. Résultats des comparaisons planifiées sur les variables psychologiques et motrices

Variables psychologiques	AP Pré*AP Post			EC Pré*EC Post			APEC Pré*APEC Post			C Pré*C Post	
	t	p ≤	d	t	p ≤	d	t	p ≤	d	t	p ≤
FES	/	ns	/	/	ns	/	-2.32	0.05	-0.51	/	ns
SF36 Santé globale	/	ns	/	/	ns	/	-2.32	0.05	-0.51	/	ns
SF36 Fonctionnement physique	/	ns	/	/	ns	/	2.34	0.05	0.51	-2.88	0.01
SF36 Fonctionnement social	/	ns	/	2.57	0.05	0.64	/	ns	/	-3.49	0.001
SF36 Bien être émotionnel	/	ns	/	/	ns	/	2.33	0.05	0.51	2.21	0.05 [^]
SF36 Vitalité	/	ns	/	/	ns	/	/	ns	/	/	ns
SF36 Douleur	/	ns	/	/	ns	/	3.75	0.001	0.82	/	ns
SF36 Limites physiques	/	ns	/	/	ns	/	/	ns	/	/	ns
SF36 Limites émotionnelles	/	ns	/	/	ns	/	1.76	0.08	0.38	/	ns
Variables motrices											
TUG (sec)	-2.18	0.05	-0.51	/	ns	/	-6.6	0.0001	-1.44	/	ns
Vitesse simple tâche (cm/s)	/	ns	/	/	ns	/	4.95	0.0001	1.08	/	ns
Vitesse DT CM (cm/s)	/	ns	/	/	ns	/	2.05	0.05	0.45	/	ns
Vitesse DT Stroop oral (cm/s)	/	ns	/	2.82	0.01	0.71	2.006	0.05	0.44	/	ns
Vitesse WSC nb (cm/s)	/	ns	/	/	ns	/	3.95	0.001	0.86	/	ns
Vitesse WSC lec (cm/s)	/	ns	/	/	ns	/	/	ns	/	/	ns
Vitesse WSC clr (cm/s)	/	ns	/	/	ns	/	3.51	0.001	0.77	/	ns
Vitesse WTMT N (cm/s)	2.34	0.05	0.55	/	ns	/	3.66	0.001	0.80	/	ns
Vitesse WTMT A (cm/s)	/	ns	/	/	ns	/	2.28	0.05	0.50	/	ns
Vitesse WTMT B (cm/s)	2.21	0.05	0.52	/	ns	/	/	ns	/	/	ns

Note. / = pas d'effet. ^ = Effet retest du groupe contrôle. FES = Fall Efficacy Scale. SF 36= Short Form Health Survey. TUG= Timed up and Go test. WSC nb = Walking Stroop Carpet condition noir et blanc. WSC lec = Walking Stroop Carpet condition lecture. WSC clr = Walking Stroop Carpet condition couleur. WTMT N = Walking Trail Making Test condition Neutre. WTMT A = Walking Trail Making test condition A. WTMT B = Walking Trail Making Test condition B. DT = Double Tâche. CM = Calcul Mental.

²⁴ De plus, nous avons souhaité contrôler l'influence de la variable confondante « vitesse », à travers le temps de réaction simple dans l'ensemble des tests exécutifs. Nous pouvons assurer que les effets significatifs annoncés sont maintenus lorsque l'on contrôle la variable temps de réaction simple.

Tableau 13. Tableau récapitulatif des améliorations en fonction de chaque domaine

<i>Tableau récapitulatif</i>	sous total	AP		EC		APEC		C	
		Tests*	Tendances	Tests*	Tendances	Tests*	Tendances	Tests*	Tendances
Variables exécutives	8	5	2	5	2	6	2	1 / -1	0
Variable cardiorespiratoire	1	1	0	0	0	1	0	0	0
Variables psychologiques	9	0	0	1	0	5	1	1 / -2	0
Variables motrices	10	3	0	1	0	8	0	0	0
Total final	28	9	2	7	2	20	3	1 / -3	-1

Tests * = Tests significatifs (i.e., $p \leq 0.05$). Le signe - correspond à une diminution significative.

2.4.2. Comparaison des scores de progrès

Afin de comparer les améliorations de chaque entraînement, nous avons utilisé un score de progrès correspondant à la différence entre les valeurs post-tests et les valeurs pré-tests. Pour déterminer si les changements observés sont significativement plus importants pour le groupe APEC par rapport aux autres groupes, nous avons réalisé des ANOVAs à un facteur sur chaque catégorie de mesures (Tableau 14, Tableau 16 et Tableau 18). Pour apporter le plus de précisions possibles à ces analyses et tester les différentes hypothèses émises, trois comparaisons planifiées s'ajoutent à chaque ANOVA, comparant alors les scores de progrès APEC par rapport au score de progrès AP, EC et C. Par souci de compréhension, nous présentons en premier lieu les résultats des ANOVAs, suivi de leurs comparaisons planifiées²⁵.

²⁵ Afin de compléter l'analyse, il a été calculé les tailles d'effet avec une autre formule que précédemment, car nous sommes ici dans une comparaison inter-groupe. La formule nécessite la connaissance du t, l'effectif n_1 du groupe APEC et l'effectif n_2 du groupe comparé (McGrath & Meyer, 2006).

$$d = t \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}$$

Tableau 14. Résultats des ANOVAs à un facteur sur les variables exécutives

Variables exécutives	AP		EC		APEC		C		F (3, 65)	p ≤	η²
	M	ET	M	ET	M	ET	M	ET			
Bref (nombre)	0.7	1,7	1.0	1,7	0.7	1,5	-0.5	1.4	2.46	0.07	0.10
Wasi (nombre)	5.4	4.7	3.9	4.9	4.1	5.2	-0.4	2.6	4.46	0.01	0.17
Stroop: Inhibition (nombre)	3.3	4.4	2.7	4.5	2.9	5.2	3.2	8.1	/	ns	/
Stroop: Flexibilité (nombre)	2.1	4.2	-1.7	7.7	2.5	5.2	1.7	7.6	/	ns	/
TMT B (sec)	-25.2	13.8	-28.7	55.2	-37.3	40.5	3.7	26.1	3.00	0.05	0.12
Digit Span Forward (empan)	0.6	1.2	1.0	1.3	0.7	0.9	0.1	1.1	/	ns	/
Digit Span Backward (empan)	0.5	1.3	0.6	1.2	0.9	1.6	-0.0	0.6	/	ns	/
Séquence lettre chiffre (empan)	0.9	0.8	0.8	1.2	0.5	0.8	-0.2	0.9	4.27	0.01	0.16

Note. M = Moyenne. ET = Ecart Type. η² = taille d'effet. / = pas d'effet.

Tableau 15. Résultats des comparaisons planifiées sur les scores de progressions APEC vis-à-vis des autres groupes dans le domaine exécutif

Variables exécutives	AP * APEC			EC * APEC			C * APEC		
	t	p ≤	d	t	p ≤	d	t	p ≤	d
Bref (nombre)	/	ns	/	/	ns	/	-2.10	0.05	- 0.72
Wasi (nombre)	/	ns	/	/	ns	/	-2.78	0.01	- 0.96
Stroop : inhibition (nombre)	/	ns	/	/	ns	/	/	ns	/
Stroop : flexibilité (nombre)	/	ns	/	-2.06	0.05	- 0.69	/	ns	/
TMT B (sec)	/	ns	/	/	ns	/	2.93	0.01	1.01
Digit Span Forward (empan)	/	ns	/	/	ns	/	/	ns	/
Digit Span Backward (empan)	/	ns	/	/	ns	/	-2.13	0.05	- 0.74
Séquence lettre chiffre (empan)	/	ns	/	/	ns	/	-2.13	0.05	- 0.74

Note. / = pas d'effet.

Tableau 16. Résultats des ANOVAs à un facteur sur les variables cardiorespiratoire et psychologiques

<i>Variable cardiorespiratoire</i>	AP		EC		APEC		C		<i>F</i> (3,65)	<i>p</i> ≤	<i>η</i> ²
	<i>M</i>	<i>ET</i>	<i>M</i>	<i>ET</i>	<i>M</i>	<i>ET</i>	<i>M</i>	<i>ET</i>			
VO ₂ max (ml/min/kg)	1.2	2.6	-0.1	2.3	1.7	1.5	-0.8	0.7	5.64	0.01	0.21
<i>Variabes psychologiques</i>											
FES	-1.2	2.7	0.4	4.8	-2.2	3.6	1.4	6.1	2.33	0.08	0.09
SF36 Santé globale	1.6	3.1	2.8	3.3	6.7	2.9	4.7	3.5	/	ns	/
SF36 Fonctionnement physique	1.3	4.6	1.7	4.9	-1.5	4.2	-15.0	5.2	2.38	0.08	0.10
SF36 Fonctionnement social	4.7	5.8	15.9	6.2	6.4	5.4	-23.1	6.6	6.79	0.01	0.24
SF36 Bien être émotionnel	3.6	2.9	0.6	3.1	6.3	2.7	7.3	3.3	/	ns	/
SF36 Vitalité	3.2	3.1	52.8	18.1	52.2	17.4	60.5	17.0	/	ns	/
SF36 Douleur	7.5	5.7	5.9	6.0	19.8	5.3	6.8	6.5	/	ns	/
SF36 Limites physiques	-6.5	7.7	3.1	8.2	7.4	7.1	7.8	8.7	/	ns	/
SF36 Limites émotionnelles	10.1	9.1	-3.8	9.7	14.8	8.4	-4.6	10.3	/	ns	/

Note. *M* = Moyenne. *ET* = Ecart Type. *η*² = taille d'effet. FES = Fall Efficacy Scale. SF 36= Short Form Health Survey. / = pas d'effet.

Tableau 17. Résultats des comparaisons planifiées sur les scores de progressions APEC vis-à-vis des autres groupes dans les domaines cardiorespiratoires et psychologiques

<i>Variable cardiorespiratoire</i>	AP * APEC			EC * APEC			C * APEC		
	<i>t</i>	<i>p</i> ≤	<i>d</i>	<i>t</i>	<i>p</i> ≤	<i>d</i>	<i>t</i>	<i>p</i> ≤	<i>d</i>
VO ₂ max	/	ns	/	-2.67	0.01	- 0.88	-3.65	0.0001	1.26
<i>Variabes psychochologiques</i>									
FES	/	ns	/	1.84	0.07	0.61	2.39	0.05	0.82
SF36 Santé globale	/	ns	/	/	ns	/	/	ns	/
SF36 Fonctionnement physique	/	ns	/	/	ns	/	-2.00	0.05	0.70
SF36 Fonctionnement social	/	ns	/	/	ns	/	-3.45	0.0001	1.19
SF36 Bien être émotionnel	/	ns	/	/	ns	/	2.33	0.05	0.80
SF36 Vitalité	/	ns	/	/	ns	/	/	ns	/
SF36 Douleur	/	ns	/	/	ns	/	/	ns	/
SF36 Limites physiques	/	ns	/	/	ns	/	/	ns	/
SF36 Limites émotionnelles	/	ns	/	/	ns	/	/	ns	/

Note. / = pas d'effet. FES = Fall Efficacy Scale. SF 36= Short Form Health Survey.

Tableau 18. Résultats des ANOVAs à un facteur sur les variables motrices

Variables motrices	AP		EC		APEC		C		F (3,65)	p ≤	η²
	M	ET	M	ET	M	ET	M	ET			
TUG (sec)	-1.2	2.7	0.4	4.8	-2.9	2.2	-0.1	1.1	7.67	0.0001	0.26
Vitesse simple tâche (cm/s)	3.5	10.6	1.2	10.9	12.0	11.9	-9.1	10.7	10.28	0.0001	0.32
Vitesse WSC nb (cm/s)	1.8	3.5	1.7	4.2	4.5	7.2	-1.0	4.5	3.17	0.05	0.13
Vitesse WSC lec (cm/s)	1.0	3.7	1.5	5.2	2.6	9.1	0.2	5.4	/	ns	/
Vitesse WSC clr (cm/s)	1.1	9.7	1.8	10.6	7.8	12.0	-0.6	6.7	2.33	0.08	0.10
Vitesse WTMT N (cm/s)	3.6	4.6	0.5	6.8	5.2	8.2	0.3	5.1	/	ns	/
Vitesse WTMT A (cm/s)	-0.1	6.9	1.5	6.4	3.5	9.1	1.5	3.4	/	ns	/
Vitesse WTMT B (cm/s)	2.6	5.5	0.4	3.7	1.4	4.9	-0.9	5.2	/	ns	/
Vitesse DT CM (cm/s)	7.3	17.6	2.2	25.4	8.9	16.7	-2.3	19.6	/	ns	/
Vitesse DT stroop oral (cm/s)	13.5	26.1	13.0	24.5	8.1	12.7	-4.8	15.5	2.61	0.06	0.11

Note. M = Moyenne. ET = Ecart type. η² = taille d'effet (Cohen, 1988). Note. / = pas d'effet. TUG = Timed up and Go test. WSC nb = Walking Stroop Carpet condition noir et blanc. WSC lec = Walking Stroop Carpet condition lecture. WSC clr = Walking Stroop Carpet condition couleur. WTMT N = Walking Trail Making Test condition Neutre. WTMT A = Walking Trail Making test condition A. WTMT B = Walking Trail Making Test condition B. DT = Double Tâche. CM = Calcul Mental.

Tableau 19. Résultats des comparaisons planifiées sur les scores de progressions APEC vis-à-vis des autres groupes dans le domaine moteur

Variables motrices	AP * APEC			EC * APEC			C * APEC		
	t	p ≤	d	t	p ≤	d	t	p ≤	d
TUG (sec)	2.88	0.01	0.92	3.95	0.0001	1.31	4.08	0.0001	1.41
Vitesse simple tâche (cm/s)	-2.38	0.05	-0.76	-2.92	0.01	-0.97	-5.50	0.0001	-1.90
Vitesse DT CM (cm/s)	/	ns	/	/	ns	/	/	ns	/
Vitesse DT Stroop oral (cm/s)	/	ns	/	/	ns	/	1.83	0.07	0.22
Vitesse WSC nb (cm/s)	/	ns	/	/	ns	/	-3.05	0.01	-1.05
Vitesse WSC lec (cm/s)	/	ns	/	/	ns	/	/	ns	/
Vitesse WSC clr (cm/s)	-2.05	0.01	-0.66	/	ns	/	-2.38	0.05	-0.82
Vitesse WTMT N (cm/s)	/	ns	/	-2.16	0.05	-0.72	-2.20	0.05	-0.76
Vitesse WTMT A (cm/s)	/	ns	/	/	ns	/	/	ns	/
Vitesse WTMT B (cm/s)	/	ns	/	/	ns	/	/	ns	/

Note. / = pas d'effet. TUG = Timed up and Go test. WSC nb = Walking Stroop Carpet condition noir et blanc. WSC lec = Walking Stroop Carpet condition lecture. WSC clr = Walking Stroop Carpet condition couleur. WTMT N = Walking Trail Making Test condition Neutre. WTMT A = Walking Trail Making test condition A. WTMT B = Walking Trail Making Test condition B. DT = Double Tâche. CM = Calcul Mental.

Même s'il n'existe pas beaucoup de significativité au sein des ANOVAs (i.e., effet principal sur trois variables cognitives, trois variables motrices de marche, la variable VO₂ max, et une variable psychologique), les analyses de comparaisons planifiées nous permettent de comparer

les scores de progrès du programme APEC vis-à-vis des scores de progrès des autres programmes.

Ces analyses montrent que premièrement, les scores de progrès du groupe APEC sont souvent significativement différentes des scores de progrès du groupe contrôle (i.e., 15 variables). Deuxièmement, les scores de progrès APEC sont significativement plus grands que ceux du groupe EC, sur le test de Stroop en condition de flexibilité, la VO₂ max, le TUG, la vitesse de marche en simple tâche, et en marche complexe de WTMT N. Troisièmement, ils sont aussi significativement plus importants, que ceux du groupe AP sur la vitesse de marche en simple tâche, le TUG, et la vitesse lors de la marche complexe du WSC en condition couleur. Ces observations nous montrent les bienfaits majorés du groupe APEC par rapport aux autres programmes d'entraînements. La majorité de ces résultats porte sur les variables motrices de marche. Des graphiques permettent d'illustrer les effets plus importants vis-à-vis des autres groupes d'entraînement (Figure 21).

Pour finaliser ces analyses, nous avons effectuées deux comparaisons planifiées à la suite de cette même ANOVA, comparant alors les scores de progrès AP et EC par rapport au score de progrès de C (Annexe 2).

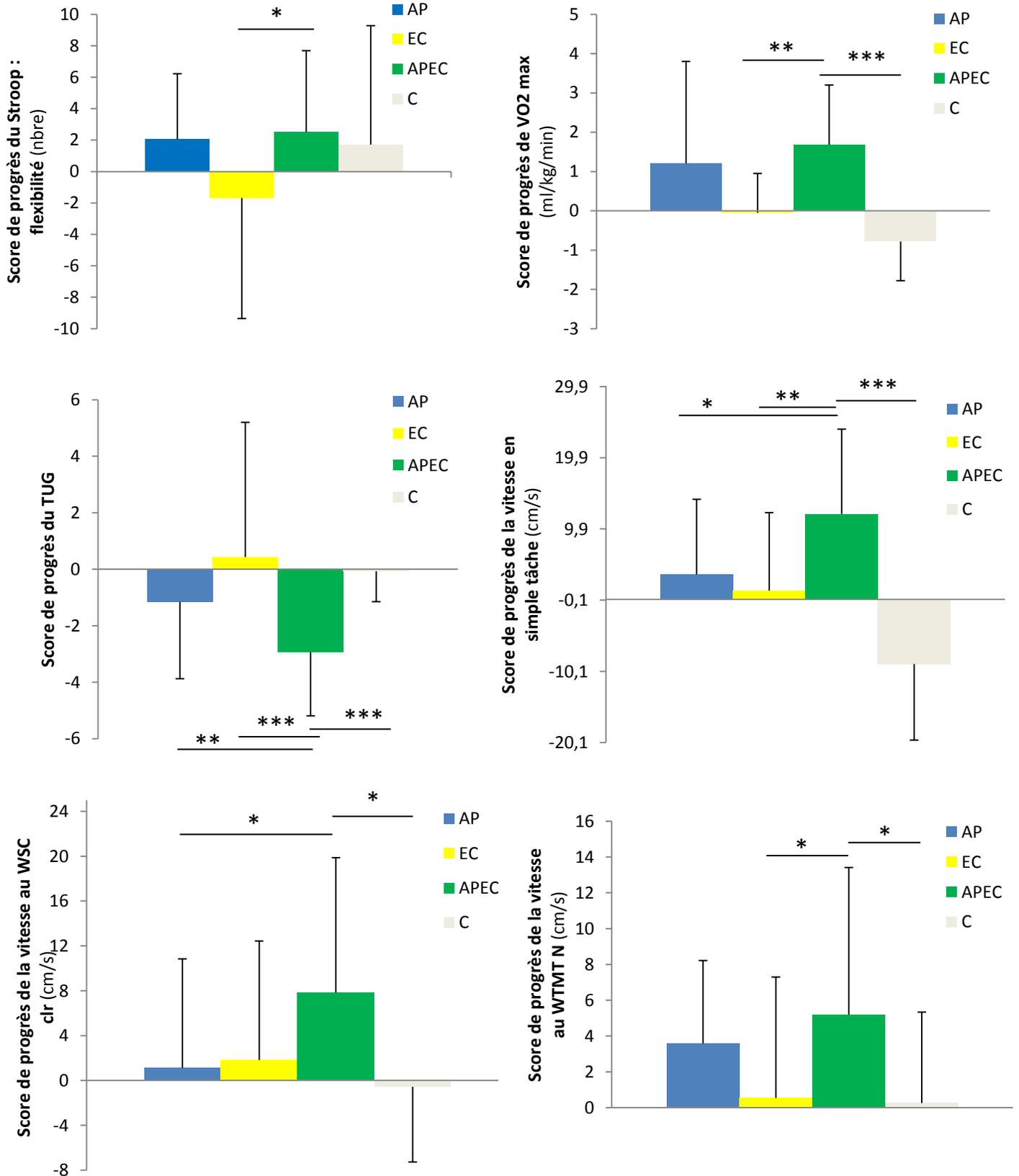


Figure 21. Comparaisons des effets de l'entraînement APEC par rapport aux groupes AP, EC et C, à travers les scores de progrès.

Les barres correspondent aux écarts types. * $p < 0.05$. ** $p < 0.01$. *** $p < 0.001$

2.5. Maintien des compétences à long terme

Ces dernières analyses cherchent à observer si les effets des trois entraînements sont maintenus à long terme (i.e., ce qui correspond dans notre étude à une évaluation à six mois). Nous allons tout d'abord vérifier si les scores à six mois restent significativement différents des pré-tests, puis apprécier la liaison qu'il existe entre les scores post-tests et à six mois.

2.5.1. Population suivie à six mois

Étant donné que nous nous intéressons uniquement à l'effet à long terme des programmes d'entraînement, les 14 personnes du groupe contrôle n'ont pas été évaluées à six mois. De plus, sur les 55 personnes entraînées, sept participants ne sont pas revenus aux bilans des six mois pour des raisons telles que l'impossibilité de se déplacer (i.e., pour un participant), changement de numéros de téléphone (i.e., pour deux participants), départ en longues vacances (i.e., pour deux participants) ou indisponibilité (i.e., pour deux participants). Par conséquent, à six mois il y a 14 personnes dans le groupes AP (i.e., moins deux participants), 14 personnes dans le groupe EC (i.e., moins quatre participants) et 20 personnes dans le groupe APEC (i.e., moins un participant). Les moyennes Pré et P6-tests des variables exécutives, cardiorespiratoires, psychologiques et motrices de ce nouvel échantillon sont présentées en annexe à travers plusieurs tableaux (Annexe 3).

2.5.2. Effets des entraînements à six mois

Afin d'observer si les effets des entraînements sont maintenus six mois après l'arrêt des programmes, nous avons réalisé des ANOVAs à mesures répétées entre le pré-test et le test à six mois (P6-test) pour chaque variable et avec les trois groupes d'entraînement. Pour apporter le plus de précisions possibles à ces analyses, trois comparaisons planifiées s'ajoutent à chaque ANOVA, comparant alors les moyennes pré-tests vis-à-vis des moyennes P6-tests au sein de chaque groupe entraîné (i.e., AP, EC et APEC). Les résultats de ces analyses sont présentés à l'aide des tableaux ci-après (Tableau 20, Tableau 21 et Tableau 22).

Tableau 20. Résultats des ANOVAs à mesures répétées et des comparaisons planifiées sur les variables exécutives et cardiorespiratoire à six mois

		Anova à mesures répétées (groupe x Pré test-P6 test)			Comparaisons planifiées					
					AP		EC		APEC	
<i>Variables exécutives</i>		<i>F(2, 45)</i>	<i>p ≤</i>	<i>η²</i>	<i>t</i>	<i>p ≤</i>	<i>t</i>	<i>p ≤</i>	<i>t</i>	<i>p ≤</i>
	effet du groupe	2.62	0.08	0.10						
Bref (nombre)	effet Pré test-P6 test	4.91	0.05	0.10	1.62	0.10	/	ns	/	ns
	effet interaction	/	ns	/						
	effet du groupe	/	ns	/						
Wasi (nombre)	effet Pré test-P6 test	13.38	0.001	0.23	2.5	0.01	2.1	0.05	/	ns
	effet interaction	/	ns	/						
Stroop :	effet du groupe	3.49	0.05	0.13						
inhibition	effet Pré test-P6 test	10.26	0.01	0.18	2.1	0.05	/	ns	2.7	0.01
(nombre)	effet interaction	/	ns	/						
Stroop :	effet du groupe	/	ns	/						
flexibilité	effet Pré test-P6 test	3.68	0.06	0.08	/	ns	/	ns	/	ns
(nombre)	effet interaction	/	ns	/						
	effet du groupe	/	ns	/						
TMT B	effet Pré test-P6 test	17.96	0.0001	0.29	-2.5	0.05	-2.8	0.01	-1.8	0.07
(seconde)	effet interaction	/	ns	/						
	effet du groupe	/	ns	/						
Digit Span	effet Pré test-P6 test	16.39	0.001	0.26	2.3	0.05	/	ns	3.4	0.001
Forward	effet interaction	/	ns	/						
(empan)	effet du groupe	/	ns	/						
Digit Span	effet Pré test-P6 test	9.42	0.01	0.17	1.8	0.07	1.7	0.10	1.8	0.07
Backward	effet interaction	/	ns	/						
(empan)	effet du groupe	/	ns	/						
Séquence lettre	effet Pré test-P6 test	8.71	0.01	0.16	2.7	0.01	2.2	0.05	/	ns
chiffre (empan)	effet interaction	2.52	0.09	0.10						
Variable cardiorespiratoire										
	effet du groupe	/	ns	/						
VO ₂ max	effet Pré test-P6 test	/	ns	/	/	ns	/	ns	/	ns
	effet interaction	/	ns	/						

η^2 = taille d'effet (Cohen, 1988). Anova = Analyse de la variance. / = pas d'effet significatif

Ce premier bloc d'analyse d'ANOVAs présente un important effet principal du temps (i.e., effet Pré test - P6 test) sur l'ensemble des variables cognitives (i.e., y compris une tendance à l'amélioration, $p = 0.06$), mais également un effet du groupe sur la BREF. Cependant, seul le test de séquence lettre chiffre montre un effet d'interaction. Les comparaisons planifiées nous apportent alors des précisions. Les participants du groupe AP semblent avoir le plus longtemps gardés des bénéfices cognitifs (i.e., 5 tests améliorés sur 8 tests évalués) par rapport au groupe EC (i.e., 3 sur 8) et APEC (i.e., 2 sur 8). Il semble aussi important de noter les tendances qui

montrent des maintiens ponctuels en plus pour le groupe AP (i.e., 2), le groupe EC (i.e., 1) et le groupe APEC (i.e., 2). Sur le plan cardiorespiratoire, la VO₂ max ne montre pas d'amélioration significative quels que soient les groupes.

Tableau 21. Résultats des ANOVAs à mesures répétées et des comparaisons planifiées sur les variables psychologiques

<i>Variables psychologiques</i>	Anova à mesures répétées (groupe x Pré test-P6 test)			Comparaisons planifiées					
	<i>F</i> (2, 45)	<i>p</i> ≤	η^2	AP		EC		APEC	
				<i>t</i>	<i>p</i> ≤	<i>t</i>	<i>p</i> ≤	<i>t</i>	<i>p</i> ≤
FES	effet du groupe	/	ns	/					
	effet Pré test-P6 test	/	ns	/	/	ns	/	ns	-1.69 0.09
	effet interaction	2.47	0.09	0.10					
SF36 Santé globale	effet du groupe	/	ns	/					
	effet Pré test-P6 test	/	ns	/	/	ns	/	ns	1.68 0.09
	effet interaction	/	ns	/					
SF36 fonctionnement physique	effet du groupe	/	ns	/					
	effet Pré test-P6 test	/	ns	/	/	ns	/	ns	/ ns
	effet interaction	/	ns	/					
SF36 fonctionnement social	effet du groupe	/	ns	/					
	effet Pré test-P6 test	6.62	0.01	0.13	/	ns	/	ns	1.88 0.06
	effet interaction	/	ns	/					
SF36 bien être émotionnel	effet du groupe	/	ns	/					
	effet Pré test-P6 test	/	ns	/	/	ns	/	ns	/ ns
	effet interaction	/	ns	/					
SF36 vitalité	effet du groupe	/	ns	/					
	effet Pré test-P6 test	/	ns	/	/	ns	/	ns	/ ns
	effet interaction	/	ns	/					
SF36 douleur	effet du groupe	/	ns	/					
	effet Pré test-P6 test	/	ns	/	/	ns	/	ns	1.65 0.10
	effet interaction	/	ns	/					
SF36 limites physiques	effet du groupe	/	ns	/					
	effet Pré test-P6 test	/	ns	/	/	ns	/	ns	/ ns
	effet interaction	/	ns	/					
SF36 limites émotionnelles	effet du groupe	/	ns	/					
	effet Pré test-P6 test	4.76	0.03	0.09	2.06	0.05	/	ns	/ ns
	effet interaction	/	ns	/					

Note. η^2 = taille d'effet (Cohen, 1988). Anova = Analyse de la variance. / = pas d'effet significatif. FES = Fall Efficacy Scale. SF 36= Short Form Health Survey.

Ce deuxième bloc d'analyse d'ANOVAs porté sur les variables psychologiques présente un effet principal du temps sur le fonctionnement social et les limites émotionnelles. Aucun autre effet significatif n'a pu être mis en évidence. Une tendance apparaît néanmoins pour la FES sur l'effet d'interaction. Les comparaisons planifiées permettent de mettre en évidence un bienfait du programme AP à six mois sur les limites émotionnelles. Pour le groupe APEC, seules quatre tendances apparaissent.

Tableau 22. Résultats des ANOVAs à mesures répétées et des comparaisons planifiées sur les variables motrices

Variables motrices	Anova à mesures répétées (groupe x Pré test-P6 test)	Comparaisons planifiées								
		AP		EC		APEC				
		t	p ≤	t	p ≤	t	p ≤	t	p ≤	
TUG (sec)	effet du groupe	6.29	0.01	0.22						
	effet Pré test-P6 test	15.8	0.001	0.26	/	ns	/	ns	-6.37	0.0001
	effet interaction	9.8	0.001	0.30						
Vitesse simple tâche (cm/s)	effet du groupe	2.38	0.10	0.10						
	effet Pré test-P6 test	/	ns	/	/	ns	/	ns	/	ns
	effet interaction	/	ns	/						
Vitesse WSC nb (cm/s)	effet du groupe	/	ns	/						
	effet Pré test-P6 test	14.06	0.001	0.24	2.02	0.05	/	ns	4.54	0.001
	effet interaction	3.58	0.05	0.14						
Vitesse WSC lec (cm/s)	effet du groupe	3.12	0.05	0.12						
	effet Pré test-P6 test	/	ns	/	1.89	0.07	/	ns	/	ns
	effet interaction	/	ns	/						
Vitesse WSC clr (cm/s)	effet du groupe	/	ns	/						
	effet Pré test-P6 test	/	ns	/	/	ns	/	ns	1.73	0.09
	effet interaction	/	ns	/						
Vitesse WTMT N (cm/s)	effet du groupe	2.54	0.09	0.10						
	effet Pré test-P6 test	/	ns	/	/	ns	/	ns	/	ns
	effet interaction	/	ns	/						
Vitesse WTMT A (cm/s)	effet du groupe	/	ns	/						
	effet Pré test-P6 test	2.74	0.10	0.06	/	ns	/	ns	1.74	0.09
	effet interaction	/	ns	/						
Vitesse WTMT B (cm/s)	effet du groupe	/	ns	/						
	effet Pré test-P6 test	7.93	0.01	0.15	2.22	0.05	/	ns	2.42	0.05
	effet interaction	/	ns	/						
Vitesse DT CM (cm/s)	effet du groupe	2.99	0.06	0.12						
	effet Pré test-P6 test	/	ns	/	/	ns	/	ns	/	ns
	effet interaction	/	ns	/						
Vitesse DT Stroop oral (cm/s)	effet du groupe	6.98	0.01	0.24						
	effet Pré test-P6 test	/	ns	/	/	ns	/	ns	/	ns
	effet interaction	/	ns	/						

Note. η^2 = taille d'effet (Cohen, 1988). Anova = Analyse de la variance. / = pas d'effet. TUG= Timed up and Go test. WSC nb = Walking Stroop Carpet condition noir et blanc. WSC lec = Walking Stroop Carpet condition lecture. WSC clr = Walking Stroop Carpet condition couleur. WTMT N = Walking Trail Making Test condition Neutre. WTMT A = Walking Trail Making test condition A. WTMT B = Walking Trail Making Test condition B. DT = Double Tâche. CM = Calcul Mental.

La troisième série d'analyse d'ANOVAs portant sur les variables fonctionnelles met en évidence un effet principal du temps sur le TUG, la vitesse du WSC nb, de WTMT B, mais aussi un effet principal du groupe sur le TUG, WSC lec, et la double tâche du Stroop oral. Cependant, seul le TUG et la vitesse du WSC nb ont un effet d'interaction. Les comparaisons planifiées nous apportent des précisions. Les participants du groupe AP ont significativement amélioré leur vitesse de marche au WSC nb et au WTMT B. Les participants du groupe APEC ont significativement amélioré le TUG, le WSC nb et le WTMT B. De plus, il existe une tendance dans le groupe AP pour le WSC lec (i.e., $p = 0.07$), et deux tendances dans le groupe APEC pour les tests du WSC clr et WTMT A (i.e., respectivement $p = 0.09$, $p = 0.09$).

2.5.3. Corrélations entre les moyennes post-tests et à six mois

Pour évaluer le maintien des capacités des participants juste après l'entraînement et six mois plus tard, des analyses de corrélations ont été réalisées entre les résultats des post-tests et des tests à six mois (P6-tests) sur les variables améliorées à la suite de l'entraînement, propres à chaque groupe. En conséquence, les résultats seront présentés par type de programme (Tableau 23, Tableau 24 et Tableau 25). En plus des variables significativement améliorées, les variables qui présentaient des tendances (notées en gris) ont été analysées et répertoriées dans les tableaux.

Vis-à-vis du programme AP, les corrélations révèlent que cinq scores de tests exécutifs et trois scores des tests moteurs à six mois sont liés significativement avec leurs scores post-tests. Il n'existe cependant pas de corrélation significative entre les deux scores de VO_2 max. Au total, 63% des tests à six mois sont corrélés significativement avec les valeurs des tests améliorés juste après l'entraînement (i.e., Post-test).

Pour le programme EC, six tests exécutifs présentent des corrélations significatives entre les deux moments d'évaluation. Pas d'autre corrélation significative n'a pu être mise en évidence. Ainsi, 55% des tests à six mois sont significativement en lien avec les performances des tests à la suite de l'entraînement. Ici, seuls les bienfaits cognitifs ont donc pu être maintenus six mois plus tard.

Pour le programme APEC, concernant la catégorie des fonctions exécutives, sept tests sur les huit améliorés (tendances et tests significatifs) sont liés de façon significative entre les scores post-tests et P6-tests. Vis-à-vis de la VO_2 max, aucune corrélation significative n'est révélée. Sur les tests psychologiques, cinq tests sur six montrent des corrélations significatives entre leurs

deux valeurs. Enfin, les valeurs à six mois de cinq tests moteurs de marche (sur huit améliorés à la sortie de l'entraînement) présentent des corrélations avec leurs valeurs post-tests. Au total, 78% des tests à six mois sont corrélés significativement avec les valeurs post-tests des variables améliorées.

Tableau 23. Corrélations dans le groupe AP entre les scores post-tests et P6-tests sur les variables améliorées suite à l'entraînement

	Cognitifs							Cardio	Moteurs		
	1	2	3	5	6	7	8	9	19	24	26
<i>r</i>	/	0.74	0.85	0.95	0.64	/	0.46	/	0.79	0.67	0.73
<i>p</i> ≤	ns	0.01	0.0001	0.0001	0.05	ns	0.10	ns	0.001	0.01	0.01

Note. 1 = Bref. 2 = Wasi. 3 = Stroop : inhibition. 5 = TMT B. 6 = Digit Span Forward. 7 = Digit Span backward. 8 = Séquence lettre chiffre. 9 = VO₂ max. 19 = TUG. 24 = Vitesse WTMT N. 26 = Vitesse WTMT B.

Tableau 24. Corrélations dans le groupe EC entre les scores post-tests et P6-tests sur les variables améliorées suite à l'entraînement

	Cognitifs							Psycho	Moteur
	1	2	3	5	6	7	8	13	28
<i>r</i>	/	0.61	0.80	0.93	0.78	/	0.64	/	/
<i>p</i> ≤	ns	0.05	0.001	0.0001	0.001	ns	0.01	ns	ns

Note. 1 = Bref. 2 = Wasi. 3 = Stroop : inhibition. 5 = TMT B. 6 = Digit Span Forward. 7 = Digit Span backward. 8 = Séquence lettre chiffre. 13 = SF36 fonctionnement social. 28 = Vitesse DT Stroop oral.

Tableau 25. Corrélations dans le groupe APEC entre les scores post-tests et P6-tests sur les variables améliorées suite à l'entraînement

	Cognitifs							Cardio	Psychologiques							Moteurs							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	18	19	20	21	23	24	25	27	28
<i>r</i>	0.65	0.80	0.86	0.84	0.85	/	0.63	0.57	/	0.62	0.69	0.72	0.70	0.42	/	0.44	0.85	0.75	0.66	0.75	0.72	/	/
<i>p</i> ≤	0.01	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	ns	0.01	0.01	ns	0.01	0.001	0.0001	0.001	0.01	ns	0.05	0.0001	0.0001	0.001	0.0001	0.0001	ns	ns

Note. 1 = Bref. 2 = Wasi. 3 = Stroop : inhibition. 4 = Stroop : flexibilité. 5 = TMT B. 6 = Digit Span Forward. 7 = Digit Span backward. 8 = Séquence lettre chiffre. 9 = VO₂ max. 10 = FES-I. 11 = SF36 Santé globale. 12 = SF36 fonctionnement physique. 14 = SF36 bien être émotionnel. 16 = SF36 douleur. 18 = SF36 limites émotionnelles. 19 = TUG. 20 = Vitesse de marche en simple tâche. 21 = Vitesse de marche au WSC nb. 23 = Vitesse de marche au WCS couleur. 24 = Vitesse WTMT N. 25 = Vitesse WTMT A. 27 = Vitesse DT CM. 28 = Vitesse DT Stroop oral.

Résumé de la partie Résultats

L'ensemble des programmes mis en place présente des impacts positifs sur les capacités des sujets MCI, mais différents suivant les entraînements suivis. En effet, le groupe APEC a amélioré un nombre plus important de variables cognitives, psychologiques et de marche par rapport aux autres programmes. De plus, l'effet du groupe APEC est significativement plus grand principalement sur les variables de marche. Enfin, le groupe APEC ne présente pas de maintien particulier de ses performances à long terme.

DISCUSSION

L'ambition de notre travail était de participer aux recherches scientifiques sur la démence, lors de la phase préclinique (i.e., stade MCI), pour tenter d'identifier une catégorie de programmes particulièrement incidente sur les fonctions cognitives, et plus particulièrement exécutives, des sujets MCI, dans la perspective finale de gagner du temps sur l'évolution en démence (e.g., Rojas et al., 2013 ; Belleville, 2008). Notre réflexion s'est alors traduite par la mise en place d'un programme axé sur les déficits tant cognitifs, psychologiques, que moteurs des profils MCI, en alliant simultanément une activité physique aérobie à un entraînement cognitif ciblé sur les fonctions exécutives (APEC). L'objectif de notre étude était d'identifier le potentiel d'amélioration d'un entraînement APEC sur des variables exécutives, cardiovasculaire, psychologiques et motrices de marche de personnes MCIex. La comparaison de ce programme avec les deux groupes d'intervention simple et le groupe contrôle a permis de bien cerner les avantages mais aussi les limites et les perspectives de ce type d'entraînement. Cependant, avant de spécifier les effets des différents programmes, il paraît important de dégager quelques premières réflexions générales sur l'ensemble des programmes mis en place.

Caractéristiques générales

Les sujets MCI subissent un déclin objectivé des performances cognitives, mais aussi psychologiques et potentiellement motrices, lequel met en valeur le caractère urgent et utile de proposer une alternative à ces déficits au moyen d'entraînements. Dans ce sens, de nombreuses études telles que la revue de littérature de Belleville (2008), considèrent cette fenêtre temporelle comme une période cruciale pour la mise en place d'approches non-pharmacologiques, étant donné que les sujets MCI possèdent encore une bonne plasticité cérébrale (e.g., Clare et al., 2009). Nos résultats corroborent l'existence de cette plasticité. Chaque programme d'entraînement a permis à la suite des séances d'interventions, des améliorations sur un ou plusieurs domaines évalués. De plus, ils présentent des tailles d'effet de modérées à larges. Par conséquent, comme dans la plupart des études d'intervention mises en place au sein de la population MCI, nos résultats confirment que ces personnes peuvent

bénéficier des programmes d'entraînement cognitif et d'activité physique aérobie (pour revue, Langa & Levine, 2014 ; Wang et al., 2014) et qu'il s'agit bien à l'heure actuelle, comme le souligne la toute récente méta-analyse de Wang et al. (2014), des deux pistes de recherche les plus pertinentes à approfondir. Soutenu par la théorie de l'enrichissement cognitif, ces gains transmettent l'idée que les chemins de développement cognitif pris au cours de la vie ne sont pas nécessairement fixes et stables, et peuvent être influencés par des événements et des comportements. Cette thèse apporte donc un appui additionnel sur les effets de l'entraînement dans le vieillissement cognitif à risque.

Le contenu propre de chaque programme est bien évidemment responsable en grande partie des différentes améliorations constatées (ce que nous développerons dans la partie suivante). Cependant, une part des bénéfices constatés au sein des interventions mises en place pourrait s'expliquer par un des dénominateurs communs aux trois programmes, à savoir le lieu de déroulement des séances. En effet, celles-ci étaient réalisées en dehors de l'hôpital ou d'une structure de santé, dans des établissements publics de quartier. La participation à nos programmes a été de 74.8 à 84%, alors que la moyenne d'adhésion est de 63% dans les programmes d'intervention chez les personnes âgées (Martin & Sinden, 2001). Le lieu de nos entraînements situé hors structures médicales a certainement favorisé la participation, car elle a potentiellement permis aux participants d'avoir l'impression de se rendre à un atelier, ce qui sous-tend plutôt une activité de loisirs. Cette représentation a pu aussi aider à un certain épanouissement et faire que chacun participait avec plaisir à ces séances. Il a été prouvé que cette dimension de plaisir est un déterminant influençant positivement le temps qu'un individu accepte d'allouer à une activité (e.g., Dishman et al., 2005 ; Kolt, Driver, & Giles, 2004). Ainsi, les activités variées en dehors du parcours de soins hospitaliers pourraient favoriser l'adhésion à des programmes d'intervention.

Ces premiers éléments confirment que la mise en place d'interventions chez les sujets MCI est porteuse de bienfaits, et donc cruciale, tout en étant réalisable. La première hypothèse de notre travail stipulait que les entraînements APEC, AP et EC permettraient d'améliorer les performances exécutives, cardiorespiratoire, psychologiques et motrices de marche des profils MCI. Ainsi, nous allons détailler dans cette partie les bienfaits obtenus par les programmes AP et EC afin de bien comprendre leurs enjeux respectifs chez les personnes MCI avant de nous centrer sur l'entraînement APEC.

Bienfaits de l'entraînement cognitif ciblé sur les fonctions exécutives

Nos résultats dans le groupe EC ont montré des bienfaits sur le fonctionnement exécutif, la qualité de vie et les capacités motrices. Plus précisément, le groupe EC a amélioré significativement quatre variables exécutives sur les huit étudiées (plus trois tendances à l'amélioration), la catégorie fonctionnement social de la SF-36 et la vitesse de la marche en double tâche du Stroop oral.

Les résultats cognitifs de ce programme, qui sont les plus probants pour l'entraînement cognitif, sont concordants avec les résultats des études sur les entraînements exécutifs chez les sujets MCI (e.g., Barnes et al., 2009 ; Gagnon & Belleville, 2012). En effet, les études ayant mis en place un programme stimulant en partie le fonctionnement exécutif, ont pu montrer des améliorations sur l'attention, ou la fluence verbale. Cependant, aucune n'a mis en évidence des améliorations sur les tests utilisés dans notre étude. L'absence d'étude avec un programme exclusivement porté sur les fonctions exécutives peut être une première raison explicative de ces différences de résultats. De plus, les tailles d'effet de notre groupe d'entraînement sont comprises entre 0.44 et 0.89, les qualifiant donc de modérées à larges. Ces résultats sont meilleurs que la taille d'effet calculée dans la méta-analyse de Li et al. (2011 ; ES = 0.27). Ces différences de taille d'effet peuvent être expliquées par l'inclusion de programmes cognitifs non ciblés sur la stimulation des fonctions exécutives au sein de l'analyse de Li et al. (2011). Ainsi, au regard de nos résultats et de la littérature, il apparaît que les fonctions exécutives des personnes MCI sont sensibles à un programme d'intervention principalement centré sur le travail du fonctionnement exécutif.

Étant donné que les capacités aérobies de nos participants du groupe EC n'ont pas été améliorées, et que les tests significatifs n'ont pas été travaillés en entraînement, les bienfaits exécutifs observés pourraient ici s'expliquer à travers le concept de plasticité cérébrale. En effet, les personnes engagées dans un style de vie actif, illustré ici par un entraînement cognitif, pourraient améliorer leurs capacités cognitives (Cai et al., 2014 ; Dahlin et al., 2008 ; Noack et al., 2009 ; Voss, 2010 ; Willis & Schaie, 2009 ; Zöllig & Eschen, 2009). Ce concept est très en lien avec la théorie de l'enrichissement cognitif, qui stipule que l'apport de multiples stimulations dans son environnement peut aider à garder une cognition optimum (Hertzog et al., 2008).

Vis-à-vis de la sensibilité des variables psychologiques face à la mise en place du programme d'entraînement cognitif, seule la sphère sociale se voit significativement améliorée. Ce résultat pourrait provenir des interactions sociales régulières, soutenues par une bonne adhésion (i.e., 79 % de présence), et d'une bonne appréciation du programme (i.e., 8.2/10).

Concernant les résultats sur les performances motrices de marche de l'entraînement cognitif, c'est à notre connaissance la première fois que l'on observe une amélioration sur la vitesse de marche en situation de double tâche de Stroop. Ce résultat confirme le lien entre le fonctionnement moteur et les processus exécutifs et complète l'analyse des précédentes études dans ce domaine, grâce à l'évaluation de tests cognitifs au sein de notre protocole (e.g., Smith-Ray, 2013 ; Steinmetz & Federspiel, 2014 ; Verghese et al., 2010). En effet, l'amélioration des scores exécutifs mise en évidence dans notre protocole, pourrait être avancée pour expliquer ces transferts de compétences entre un travail purement cognitif et une situation de double tâche. Ainsi, nos résultats suggèrent que les améliorations des performances exécutives permettraient une meilleure allocation des ressources lors du partage attentionnel. Autrement dit, les fonctions exécutives plus performantes distribuent de manière plus juste l'attention nécessaire à chacune des tâches. Cette théorie corrobore les précédents travaux qui placent les capacités exécutives à l'origine des mécanismes de double tâche (e.g., Hausdorff et al., 2008 ; Mazaheri et al., 2014 ; Sheridan & Hausdorff, 2007 ; van Iersel et al., 2008 ; Yogev-Seligmann et al., 2008), mais qui n'avaient pas encore illustré à l'aide de protocole d'intervention, la véracité de ce concept. L'impact des entraînements cognitifs sur les capacités fonctionnelles de marche des sujets présente des intérêts concrets dans la rééducation, par exemple, de personnes âgées alitées considérées comme particulièrement à risques de diminution fonctionnelle. En ce sens, Li et al. (2010) ont mis en place un entraînement basé sur cinq séances de double tâche cognitive chez des personnes âgées saines. Les résultats de cette étude ont montré des améliorations sur les capacités d'équilibre en situation de simple et double tâche. Cependant, ils n'ont pas montré d'amélioration sur des tâches de marche, la pratique sur seulement cinq séances pouvant limiter les impacts sur le large panel des capacités mis en jeu dans la marche. Ainsi, il apparaît bien une connexion entre les bienfaits des entraînements cognitifs et les impacts fonctionnels. Celle-ci demanderait néanmoins d'être encore approfondie par de prochaines études pour vraiment considérer ce type de stimulation comme piste de développement.

En conclusion, l'impact d'un entraînement cognitif ciblé sur les fonctions exécutives chez des sujets MCIex se traduit par des améliorations sur des domaines variés et plus précisément sur des tests non travaillés durant les séances. À travers nos résultats, nous observons donc des transferts de compétences. Dans le cadre théorique de ce travail, nous avons mis en évidence les deux objectifs des entraînements cognitifs, à savoir la restauration des fonctions cognitives et la compensation des déficits cognitifs fonctionnels). Ces deux objectifs avaient pour conséquence des approches méthodologiques différentes (i.e., respectivement approche sélective et multi-domaine). L'approche sélective avait tendance à vouloir restaurer la fonction diminuée alors que l'approche multi-domaine tendait à compenser la fonction en cherchant à transférer les bienfaits sur des tâches écologiques. Ici, l'entraînement cognitif ciblé sur les fonctions exécutives a pu, du fait de son caractère transversal, stimuler à la fois la restauration des fonctions particulièrement affectées chez les profils MCIex, tout en variant les exercices et par conséquent les stimulations. Il est très intéressant de travailler sur ces fonctions à l'aide d'un programme, car elles ouvrent des possibilités de stimulation très différentes avec toujours le même but : raisonner, s'adapter, réfléchir. La variété des exercices proposés a pu produire la variété recommandée dans la littérature des entraînements cognitifs (pour revue, Huckans et al., 2013) pour favoriser les transferts d'apprentissages sur des tâches éloignées des exercices du programme. Les transferts de compétences se situeraient donc dans la continuité des apprentissages. Ils ne résulteraient pas de l'amélioration d'une quantité cognitive, mais de l'apprentissage à mieux appréhender les difficultés cognitives. Les gains dans les tests exécutifs et de double tâche de marche sont bien l'illustration d'une amélioration sur des tâches non travaillées à l'entraînement. Par conséquent, ils ne résulteraient pas de la restauration d'une fonction déficitaire mais seraient davantage issus de processus cognitifs plus efficaces pour répondre à des tâches cognitives variées. Les entraînements cognitifs basés sur des exercices mettant en jeu principalement les processus exécutifs ont à nos yeux de véritables potentiels pour répondre de manière plus large aux difficultés quotidiennes.

Bienfaits de l'entraînement d'activité physique aérobie

Les résultats dans le groupe AP ont montré des bienfaits sur le fonctionnement exécutif, la capacité cardiorespiratoire et les performances motrices de marche. Plus précisément, le groupe AP a amélioré significativement cinq variables exécutives (plus deux tendances à l'amélioration), la VO₂ max et trois tests fonctionnels de marche.

Les résultats de cette étude sur le plan cognitif et cardiorespiratoire confirment les résultats des études précédentes sur les performances cognitives (Scherder et al., 2005 ; Baker et al., 2010) et cardiorespiratoires chez les sujets MCI (Baker et al., 2010), et élargissent les observations à une autre activité. Ces deux travaux ont utilisé la marche comme support d'un entraînement aérobie alors que notre programme AP était sur vélo. Notre programme prouve donc que l'activité de pédalage peut aussi générer des bienfaits cognitifs. En se basant sur les hypothèses des études chez les personnes âgées saines, ces derniers auteurs faisaient l'hypothèse que l'amélioration du transport et de l'utilisation de l'oxygène permise par les exercices aérobies permettait d'améliorer le métabolisme cérébral, responsable des améliorations cognitives observées. En accord avec cette hypothèse, nos résultats montrent des effets significatifs de l'entraînement sur la capacité cardiorespiratoire des participants (i.e., VO_2 max). De plus, l'intensité d'effort moyenne mesurée durant notre programme d'entraînement était de $47.25 \pm 23.7\%$. Ce niveau d'intensité correspond selon l'ACSM (American College of Sports Medicine, 2006) à une activité physique de nature modérée (i.e., de 40 à 59 % ; Howley, 2001). Par conséquent, nous suggérons que les améliorations cognitives observées sont en partie dues aux gains observés au niveau des capacités d'endurance aérobie (e.g., Dustman et al., 1984 ; Hill et al., 1993 ; Kramer et al., 2001). Cette hypothèse est la plus répandue pour expliquer les gains cognitifs à travers la pratique d'activité physique. Les valeurs des tailles d'effet aux différents tests cognitifs calculés dans notre étude sont qualifiés de modérées à larges (i.e., $ES = 0.49$ à 1.17). Ces scores sont en accord avec les tailles d'effet de la méta-analyse de Heyn et al. (2004), qualifiées de modérées ($ES = 0.57$).

Même si cette hypothèse est à l'heure actuelle la plus répandue, l'investigation sur les entraînements physiques de type renforcement ont aussi montré des effets significatifs sur des fonctions exécutives à la suite de ces programmes (e.g., Anderson-Hanley, Nimon, & Westen, 2010 ; Cassilhas et al., 2007 ; Liu-Ambrose, 2010). En effet, récemment, deux études se sont intéressées à comparer les entraînements aérobies vs renforcements. Les auteurs ne sont pas parvenus à mettre en évidence une supériorité des performances cognitives chez des participants entraînés (Nagamatsu et al., 2012 ; Smiley-Oyen, Lowry, Francois, Kohut, & Ekkekakis, 2008). Ainsi, il existerait probablement plusieurs mécanismes pouvant rendre compte des bienfaits de l'activité physique sur le vieillissement cognitif (e.g., Angevaren et al., 2008 ; Colcombe & Kramer, 2003 ; Etnier et al., 2006 ; Smith et al., 2010).

Étonnamment, le programme AP n'a pas engendré d'amélioration sur le plan psychologique. La plupart des études présentent des changements positifs dans la qualité de vie des personnes âgées à la suite d'un programme d'activité physique (e.g., Blumenthal, Williams, Needels, & Wallace, 1982 ; Hill et al., 1993 ; Sidney & Shephard, 1976). Ainsi, la littérature a démontré que l'activité physique pratiquée avec des exercices variés (e.g. aérobic, renforcement, et souplesse) augmentait les scores de qualité de vie chez les personnes âgées (e.g., Dorfman et al., 2014 ; King et al., 2000 ; Knowles, Herbert, Easton, Sculthorpe, & Grace, 2015 ; Reid et al., 2010 ; Rejeski & Mihalko, 2001). Pour expliquer ces résultats, nous pouvons supposer que ce test n'est peut être pas adapté aux problèmes de qualité de vie des personnes MCI. En effet, comme nous l'avons précisé en méthodologie, ce test n'est pas spécifique à la population MCI. Nous conseillons alors aux futures études de choisir un test plus approprié à cette population (i.e., Dean, Jeankinson, Wilcok, & Walker, 2014).

En parallèle des domaines cognitifs et cardiorespiratoires étudiés, notre étude est la première, à notre connaissance, à s'être intéressée aux impacts fonctionnels de marche d'un programme aérobic sur ergocycle. En effet, la majorité des études aérobies propose des interventions aérobies de marche (e.g., Baker et al., 2010 ; Kramer, Hahn, Cohen, et al., 1999 ; Liu-Ambrose, 2012 ; Scherder et al., 2005). Par conséquent, la tâche d'entraînement demeure très proche des tests d'évaluation de marche. D'ailleurs, la tâche de pédalage a été choisie pour limiter les risques d'accidents lors des séances mais aussi afin d'élargir les observations dans ce domaine. Les résultats sur les tests de marche ont donné lieu à de ponctuelles améliorations (i.e., 3/10) qui laissent quand même transparaître les bienfaits de l'activité physique sur les capacités fonctionnelles de marche des personnes MCI^{ex}. On observe donc une amélioration de la marche et plus précisément des capacités fonctionnelles de marche à la suite d'un entraînement aérobic sur ergocycle. Pour leur bonne réussite, les marches fonctionnelles ont besoin de capacités exécutives et motrices suffisantes (e.g., Kubicki, 2014 ; Persad et al., 2008). Au premier abord, l'amélioration des performances motrices lors des tests de marche fonctionnelle pourrait s'expliquer par l'amélioration de la force musculaire des personnes âgées MCI. En effet, la pratique d'une activité physique sollicitant les membres inférieurs a souvent montré dans la littérature, une amélioration de la force musculaire, en partie responsable d'une vitesse de marche plus élevée (e.g., Choi & Kim, 2015 ; Schwenk et al., 2014). Or, les résultats de notre étude ne montrent pas d'amélioration de la vitesse de marche analytique en simple tâche. Par conséquent,

l'amélioration de la vitesse durant ces trois marches fonctionnelles pourrait davantage être due aux bienfaits exécutifs.

La première partie de cette discussion a donc permis de souligner que les programmes simples d'entraînement cognitif et d'activité physique présentent plusieurs opportunités d'améliorations face aux déficits dont souffre les sujets MCI. L'objectif majeur de cette thèse était de savoir si la combinaison de ces deux types de programmes pouvait présenter une véritable plus-value. Ainsi afin de guider notre réflexion, quatre questions principales ont été posées : (i) les déficits des sujets MCI sont-ils sensibles à la mise en place d'un programme simultané d'activité physique et d'entraînement cognitif ? ii) cette simultanéité engendre-t-elle une majoration des effets en comparaison des programmes simples ? iii) cette éventuelle majoration est-elle spécifique à une catégorie de fonctions ? iv) en cas d'impacts significatifs, les bénéfices sont-ils plus durables dans le cadre du programme simultané ? La deuxième partie de cette discussion reprendra donc ces quatre points en détail.

LES DÉFICITS DES SUJETS MCI SONT-ILS SENSIBLES À LA MISE EN PLACE D'UN PROGRAMME SIMULTANÉ D'ACTIVITÉ PHYSIQUE ET D'ENTRAÎNEMENT COGNITIF ?

Comme nous l'avons démontré au sein du chapitre 3, la combinaison simultanée des deux modérateurs laissait présager d'un effet pouvant répondre de manière plus appropriée à l'ensemble des troubles des sujets MCIex. Les participants du groupe APEC ont montré des bienfaits dans chacun des quatre domaines évalués. Ainsi, les capacités exécutives, cardiorespiratoires, psychologiques et motrices ont été significativement améliorées à la suite de ce programme. Plus précisément, le groupe APEC a amélioré six variables exécutives sur huit (avec deux tendances sur les deux tests non significatifs), la VO₂ max, cinq catégories de qualité de vie sur neuf et huit tests de marche sur dix

En premier lieu, les résultats du groupe APEC témoignent de l'amélioration de l'ensemble des tests exécutifs. Dans la lutte contre les déficits majorés et les risques pathologiques du vieillissement MCI, l'amélioration de cette grande catégorie de fonctions de la cognition apparaît comme essentielle, car les fonctions exécutives s'inscrivent pleinement dans la réussite de nombreux processus cognitifs. En effet, l'importance des fonctions exécutives se traduit par leur rôle de support de nos activités quotidiennes. Elles recouvrent l'ensemble des fonctions nécessaires au contrôle et à la réalisation de tâches complexes, nouvelles ou non routinières (Isingrini & Kaplan, 2004). Ainsi, les améliorations mises en évidence sur l'ensemble des tests neuropsychologiques étudiés par le programme APEC s'avèrent prometteuses pour la poursuite des investigations scientifiques des effets modérateurs des programmes simultanés sur les troubles exécutifs, en particulier au regard de la majoration des risques de conversion en démence et de troubles des performances motrices de marche (e.g., Albert et al., 2007 ; Reinvang et al., 2012 ; Royall et al., 2007). Ainsi, l'amélioration des performances exécutives des sujets MCIex pourrait reculer ou même stopper la conversion en démence et potentiellement influencer les performances de marche. En effet, au regard des nombreux travaux sur la relation entre les performances exécutives et les troubles de marche chez les sujets MCI développés dans le chapitre 1, l'amélioration des fonctions exécutives pourrait suggérer une amélioration des performances motrices de marche. En effet, les bienfaits du groupe APEC sur les tests de marche semblent capitaux, car ce sont des tests considérés comme très proches des tâches écologiques (e.g., Kemper, Herman, & Lian, 2003 ; Yogev-Seligmann, Hausdorff, & Giladi, 2008). Ces tests illustrent les capacités de mobilité et plus largement les déplacements des personnes âgées dans leur vie quotidienne. Ainsi,

l'amélioration de la plupart des tests moteurs étudiés pourrait se répercuter à travers de meilleures réussites sur de nombreuses situations, et être potentiellement plus facilement transférable à des déplacements « in vivo ». D'ailleurs, la peur de chuter a été significativement diminuée uniquement dans ce groupe. Les questions issues de cette évaluation portent sur l'appréciation de la peur de chuter dans diverses activités quotidiennes telles que monter les escaliers ou se rendre à une réunion de famille. Ceci montre bien que les participants du groupe APEC gagnent en confiance dans ces situations complexes qu'ils appréhendent moins. Ainsi, il se pourrait que l'amélioration des performances fonctionnelles de marche soit liée à une peur de chuter diminuée dans la vie quotidienne. Ces gains font donc l'objet d'un véritable intérêt à nos yeux, car ils sont l'illustration de bienfaits concrets, pratiques, et écologiques, enjeux espérés de toutes interventions.

D'autres études se sont intéressées à l'impact d'un entraînement simultané et présentent des résultats concordants avec les nôtres. L'étude de Theill et al. (2013) a montré, chez des personnes âgées saines, une amélioration des processus exécutifs et des capacités fonctionnelles de marche à travers une diminution significative de la variabilité de la marche en situation de double tâche à la suite d'un programme APEC. Dans ce sens, Yoon et al. (2013) présentent eux aussi, au sein du groupe APEC, des améliorations dans des tests exécutifs, de qualité de vie et fonctionnels de type échelle d'équilibre dynamique (i.e., Berg Balance Scale) et statiques (i.e., Wii board). Nos résultats sont donc en accord avec les deux articles existant à l'heure actuelle sur les entraînements simultanés. Pour expliquer leurs résultats sur l'amélioration des scores exécutifs et fonctionnels de marche, les auteurs de ces études ont tendance à avancer l'hypothèse métabolique. Cependant, il n'existe pas d'évaluation de la VO_2 max au sein de leurs méthodologies, ce qui ne permet donc pas de vérifier cette hypothèse. Par conséquent, il semble que notre étude soit la première à évaluer la VO_2 max à la suite d'un entraînement APEC et que l'amélioration qu'elle constate, permette de renforcer les éléments en faveur de cette hypothèse.

Ainsi, les déficits des sujets MCIex sont sensibles au programme simultané d'activité physique et d'entraînement cognitif, qui améliore de manière significative un nombre important de variables. Il semble néanmoins important de savoir si ce programme apporte plus d'effets que les autres programmes.

LA SIMULTANÉITÉ DU PROGRAMME APEC ENGENDRERA-T-ELLE UNE MAJORATION DES EFFETS EN COMPARAISON DES PROGRAMMES SIMPLES ?

La deuxième hypothèse suggérait que les effets du programme APEC seraient plus nombreux et plus grands que les effets des autres entraînements sur l'ensemble des domaines évalués. Ainsi, nous examinerons dans ce paragraphe s'il existe une majoration des effets APEC vis-à-vis des autres entraînements d'un point de vue quantitatif mais aussi qualitatif.

Effet quantitatif

Premièrement, nous allons clarifier l'impact de l'entraînement APEC sur le nombre de variables. Sur les 28 variables évaluées, le groupe EC a amélioré significativement six variables avec trois tendances, pendant que le groupe AP a présenté des gains significatifs sur 10 variables et une tendance et le groupe APEC sur 20 variables et trois tendances (Figure 22). Ainsi, d'un point de vue purement quantitatif, le groupe APEC présente des effets plus nombreux que les autres entraînements, qui vont au-delà d'une simple addition entre les effets de l'EC et de l'AP. Par conséquent il semble que nous sommes face à un effet général sur-additif. Il convient cependant de se pencher sur l'effet quantitatif par catégories de variables.

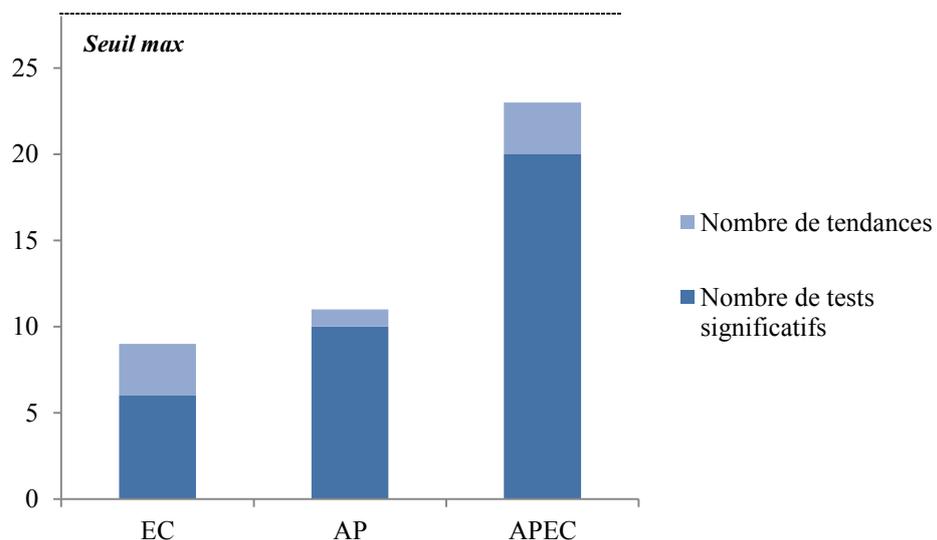


Figure 22. Schéma synthétique du nombre total de variables améliorées après les différents programmes d'entraînements.

La ligne en pointillés illustre le nombre maximum de variables pouvant être amélioré dans chaque domaine.

L'observation plus précise par domaines d'évaluation laisse place à de très fortes variations d'impacts entre les différents entraînements (Figure 23). Tout d'abord, sur le plan cognitif, il semble que l'APEC améliore une variable supplémentaire. On ne peut donc pas conclure à un effet sur additif ou même additif. Il ne s'agit pas pour autant d'une non-efficacité du programme APEC mais plutôt d'une efficacité parallèle des programmes simples. En effet, l'absence d'un effet sur-additif est due aux nombres relativement élevés de fonctions exécutives qui se sont montrées sensibles à l'impact des programmes AP et EC. Ces résultats des programmes simples ne sont pas pour autant surprenants et confirment de nombreux travaux (e.g., Baker et al., 2010 ; Scherder et al., 2005 ; Gagnon & Belleville, 2012). De plus, nous pouvons considérer que le programme APEC a rempli ses objectifs au niveau des fonctions exécutives puisqu'il présente à deux tendances près le maximum d'effets qu'il était possible d'observer. Nous pouvons considérer que nos résultats présentent une sorte d'effet plafond. Afin de finaliser cette question de l'effet exécutif sur-additif, il faudrait que les prochaines études veillent à proposer un panel plus large de tests.

Un autre constat ressort de nos résultats sur les fonctions exécutives. En effet, nous pouvons remarquer que le groupe APEC a des résultats plus favorables au niveau de la flexibilité mentale et de la mémoire de travail. En effet, le groupe APEC est le seul à avoir montré un gain sur le test de Stroop en condition de flexibilité. Par conséquent, lors des séances APEC, les conditions méthodologiques d'alternance entre la bonne réussite de la tâche cognitive en même temps que la tâche motrice de pédalage a pu favoriser particulièrement l'amélioration des capacités de flexibilité mentale. De plus, le score de la mémoire de travail (i.e., Digit Span Backward) semble avoir été particulièrement amélioré à la suite de l'entraînement APEC. Ce constat est d'autant plus important que cette fonction est considérée, d'après certains auteurs, comme le composant le plus important en termes d'impact général sur la cognition (Baddeley, 1996 ; Eysenck & Keane, 2000 ; Repovs & Baddeley, 2006). Dans ce sens, les entraînements cognitifs stimulant la mémoire de travail montrent des bienfaits sur le fonctionnement exécutif (e.g., Dahlin, Bäckman, Stigsdotter Neely, & Nyberg, 2008 ; Richmond, Morrison, Chein, & Olson, 2011 ; pour revue, von Bastian & Oberauer, 2014). Par conséquent, l'amélioration particulière de la mémoire de travail et de la flexibilité mentale pourrait être particulièrement intéressante pour expliquer les bienfaits sur les marches fonctionnelles.

Concernant nos tests moteurs, le groupe APEC améliore un nombre important de variables de marche par rapport aux autres programmes (i.e., APEC = 8 ; AP = 3 ; EC = 1 ; Figure 23).

Le groupe APEC a donc amélioré les capacités motrices de manière sur-additive par rapport aux autres programmes. Ces résultats sont en concordance avec les deux études sur les entraînements simultanés de Theill et al. (2013) et Yoon et al. (2013) qui présentent des bienfaits sur les performances de marche uniquement pour le groupe APEC et non pour le groupe EC. Au sein de notre étude, le groupe AP montre des gains sur les vitesses de marche dans trois tests fonctionnels, alors que le groupe EC n'améliore qu'un seul test. Étant donné que ces deux groupes améliorent un même nombre de variables exécutives, la seule variable qui pourrait influencer les performances de marche est la VO₂ max. Celle-ci est améliorée dans le groupe APEC, AP mais pas dans le groupe EC. Par conséquent, nous pouvons faire l'hypothèse que l'amélioration des capacités aérobies facilite les transferts d'amélioration sur les capacités de marche des individus MCIex. De plus, d'après la littérature, il semble que la diminution de la VO₂ max, due au vieillissement, influence l'autonomie des personnes âgées. En effet, la VO₂ max minimale estimée pour rester indépendant à 80 ans est de 15 à 18 ml O₂/kg/min (Shephard, 2009). Étant donné que ce type d'entraînement améliore la VO₂ max des personnes âgées (e.g., Ehsani, Ogawa, Miller, Spina, & Jilka, 1991 ; Mian et al., 2007 ; Rikli & Edwards, 1991), l'amélioration de celle-ci pourrait donc avoir un impact sur les capacités de marche. Cependant, contrairement à l'intensité d'effort moyenne du groupe AP, celle du groupe APEC correspond à $32.2 \pm 16.2\%$, un niveau d'intensité considéré comme faible par l'American College of Sports Medicine's (ACSM, 2006). Cette intensité est significativement différente de l'intensité d'effort réalisée dans le groupe AP de notre étude. Cela signifie concrètement que le groupe APEC a tendance à pédaler à une plus faible intensité. Pourtant, le groupe APEC crée plus de bienfaits sur l'ensemble des tests que le groupe AP. Par conséquent, la pratique de l'entraînement cognitif apporterait la stimulation nécessaire pour engendrer des améliorations cognitives significatives.

Sur le plan psychologique, le groupe APEC a amélioré la moitié des catégories du questionnaire de qualité de vie. Le groupe EC a lui, montré des gains seulement sur la catégorie de fonctionnement social. Et le groupe AP n'a pas eu d'impact sur ces variables (Figure 23). Malgré la pertinence discutable d'une utilisation de la SF 36 avec des sujets MCI (au regard des résultats que nous avons présenté dans le groupe AP), l'effet du programme APEC apparaît comme sur-additif par rapport aux effets des autres programmes. À travers les bons résultats de suivi du programme reflétés par la note d'appréciation attribuée (i.e., 8.5/10) et le fait de n'avoir perdu aucun sujet entre le début et la fin de l'entraînement, nous pouvons supposer que le programme APEC a plu aux participants, qui auraient perçu ce programme

comme une activité, et non pas comme une prise en charge médicale. Alors que le taux d'adhésion dans le groupe AP est de 74.8%, celui de l'EC de 78.4%, le programme APEC révèle une adhésion plus importante, à hauteur de 84%. L'adhésion au programme d'activité physique est souvent inférieure aux programmes d'entraînement cognitif (e.g., Tappen et al. 2000, EC : 90% vs AP : 57%), alors que les groupes combinés présentent dans la littérature des pourcentages d'adhésion très souvent élevés tout au long du programme (e.g., Tappen et al., 2000 : 75% ; De Andrade et al., 2009 : 94,1% ; Suzuki et al., 2012 : 79,2% ; Makizako et al., 2013 : 86,9%). Par conséquent, l'attrait pour ce type de programme pourrait être une des raisons favorisant la motivation et donc l'investissement, qui se traduit par des scores de qualité de vie améliorés mais surtout par des scores plus élevés sur les caractéristiques des programmes (i.e., note, présence), ce qui pourrait aussi participer à expliquer les bienfaits majorés par rapport aux autres programmes.

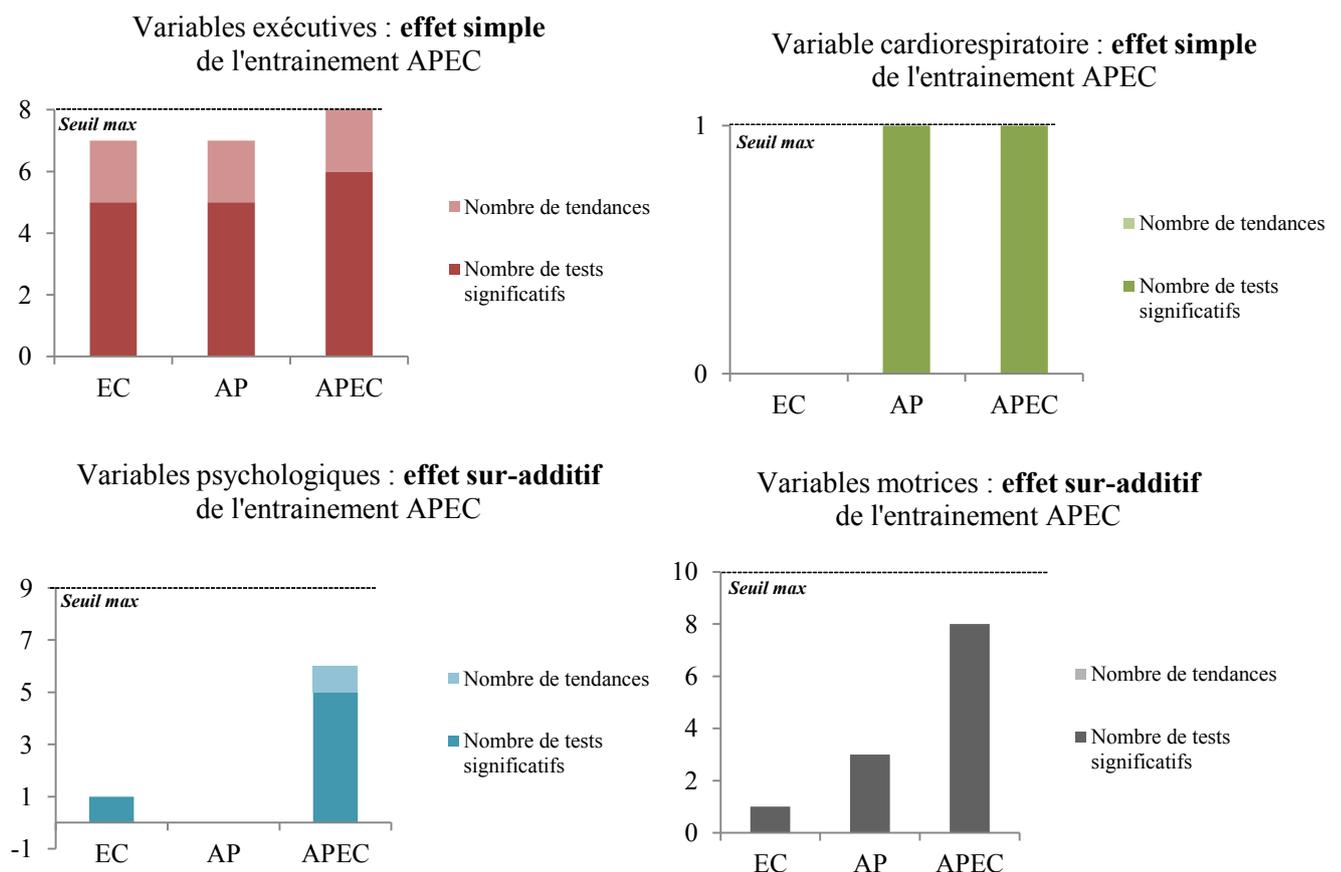


Figure 23. Schémas synthétiques des effets quantitatifs des programmes à la suite des séances, suivant les domaines évalués.

La ligne en pointillés illustre le nombre maximum de variables pouvant être amélioré dans chaque domaine.

À travers l'ensemble de ces résultats, l'entraînement APEC apparaît comme un programme garant d'un effet sur-additif sur la marche et sur le domaine psychologique. L'entraînement APEC a également « joué son rôle » sur la variable cardiorespiratoire (le terme de sur-additif n'a pas de sens pour cette variable unique). Quant aux tests cognitifs, nous n'avons certes pas observé d'effet sur-additif, mais il ne s'agit pas pour autant de mauvais résultats, puisque la quasi-totalité des tests s'est montré sensible à l'entraînement APEC. L'effet majoré du programme APEC est donc confirmé d'un point de vue quantitatif.

Afin de finaliser notre analyse, il convient dorénavant de se pencher sur la « qualité » des effets, à savoir si les progrès observés avec le programme APEC sont significativement plus larges que ceux observés avec les programmes simples.

Effet Qualitatif

Trois moyens statistiques s'offrent à nous pour analyser la qualité des effets obtenus : les comparaisons des scores de progrès, des tailles d'effet, et des pourcentages d'amélioration.

Comparaisons des scores de progrès du groupe APEC avec les trois autres groupes

Tout d'abord, nous pouvons constater de façon logique que les plus nombreuses différences de progrès ont lieu entre le groupe APEC et le groupe contrôle (i.e., cinq variables exécutives, la variable cardiorespiratoire, quatre variables psychologiques et cinq variables motrices). Ces résultats, prometteurs mais pas parfaits, laissent présager qu'il pourrait être pertinent de prolonger les séances d'entraînement afin que les bénéfices s'ancrent de façon un peu plus profonde, et ainsi observer des différences significatives de progrès entre le groupe APEC et le groupe contrôle pour tous les tests.

Les comparaisons qui nous intéressent le plus afin de savoir si nous pouvons parler d'effets majorés d'un point de vue qualitatif concernent les comparaisons entre les progrès du groupe APEC et ceux des groupes EC et AP.

Sur le plan cognitif, les améliorations du groupe APEC sont significativement plus grandes sur le test de Stroop en condition de flexibilité et ce, par rapport au groupe EC. À nouveau, il apparaît que le travail simultané de deux tâches améliore particulièrement la flexibilité au sein des fonctions exécutives et que cette observation puisse participer aux explications des bienfaits sur les tests de marche du programme APEC.

Sur le plan moteur, trois points peuvent être abordés. Tout d'abord, le groupe APEC améliore de manière significative sa vitesse de marche sur le WSC en condition couleur par rapport au groupe AP. Selon Perrochon (2013), cette tâche sollicite particulièrement des capacités d'attention sélective. Par conséquent, l'augmentation de la vitesse de marche lors de cette tâche pourrait traduire une plus grande facilité à réussir la tâche cognitive. Ainsi l'amélioration spécifique de cette tâche pourrait traduire au sein du groupe APEC une majoration des capacités d'attention sélective vis-à-vis du groupe AP. Or, l'amélioration de l'attention sélective a aussi été observée lors des tests papiers crayons de manière équivalente pour ces deux groupes. Par conséquent, au regard de ce résultat, il semble que ce ne soit pas une majoration des capacités mais une plus grande capacité à transférer ces gains au sein d'une activité de déplacements.

Ensuite, le groupe APEC présente un score de progression significativement plus grand que celui du groupe EC dans la tâche du WTMT-N. La tâche du WTMT N est utilisée d'après les auteurs de ce test, comme une tâche assez basique, permettant surtout la compréhension du test (e.g., Persad et al., 2008 ; Perrochon et al., 2013). Ce serait donc plutôt une tâche de familiarisation. Par conséquent, l'observation de ce gain serait plutôt d'ordre moteur, confirmant les bonnes performances du groupe APEC sur les tâches fonctionnelles peu coûteuses cognitivement (i.e., marche en simple tâche).

Enfin, le groupe APEC améliore de manière significative vis-à-vis des deux groupes d'entraînement simple, sa vitesse de marche en simple tâche et ses performances au TUG. Ces résultats sont particulièrement intéressants car ils montrent la spécificité des améliorations APEC vis-à-vis des deux autres groupes, pour autant également entraînés par des programmes reconnus pertinents au sein de la littérature. De plus, ces tests ont été de nombreuses fois reconnus comme pertinents pour évaluer les capacités fonctionnelles de marche (e.g., Evans et al., 2009 ; Smith-Ray et al., 2013 ; Tsourlou, Benik, Dipla, Zafeiridis, & Kellis, 2006). En outre, ils sont particulièrement utilisés pour mettre en relation les capacités fonctionnelles des personnes âgées et les risques de comorbidités comme les chutes (Gomes et al., 2015 ; Guralnik et al., 2000 ; Kubicki, 2014 ; Podsiadlo & Richardson, 1991). Cependant, nous pouvons nous poser la question des points communs et des différences de chacun de ces deux tests. Tout d'abord, les performances à ces deux tests montrent un lien avec les fonctions exécutives. En effet, le test du TUG et la vitesse de marche ont été utilisés pour mettre en évidence le lien entre les performances des fonctions exécutives et la vitesse de marche des personnes MCI (McGough et al., 2011). Dans ce sens, de meilleures performances exécutives prédirait de meilleures performances à ces tests fonctionnels. Parallèlement, l'altération des

performances de marche des sujets MCI serait due à la diminution majorée des processus exécutifs (e.g., pour revue Allali, van der Meulen, & Assal, 2010 ; Al-Yahya et al., 2011). On pourrait donc penser à travers seulement ces deux tests que cet entraînement a réussi à répondre aux déficits des personnes MCIex tant sur le plan cognitif que fonctionnel.

En revanche, la fiabilité de ces tests pour prédire l'apparition de chutes semble discordante. En effet, certaines études utilisent le TUG pour prédire l'apparition de chutes (e.g., Lin et al., 2004 ; Okumiya et al., 1998) qu'en d'autres utilisent la vitesse de marche en simple tâche (Viccaro, Perera, & Studenski, 2011). Cependant, une récente étude suggère que la vitesse de marche en simple tâche peut prévoir avec plus de fiabilité que le TUG l'apparition de la première chute (Viccaro, Perera, Studenski, 2011). En effet, Viccaro et al. (2011) n'ont inclus que des sujets âgés avec un haut niveau fonctionnel. À deux ans, les prévisions du TUG n'étaient pas correctes contrairement à celles issues de la vitesse de marche en simple tâche. Dans ce sens, Montero-Odasso et al. (2011) qualifient le test du TUG comme moins informatif que la vitesse de marche dans les populations avec un haut niveau fonctionnel. Ils considèrent que la vitesse de marche est plus sensible aux variations et permet une bonne amplitude de niveaux, là où le test du TUG ne devient prédictif que si le sujet réalise le test en plus de 14 secondes. Par conséquent, ces auteurs recommandent de mettre en place le test de la vitesse de marche en simple tâche particulièrement chez les personnes âgées avec un bon niveau fonctionnel (e.g., IADL coté entre 0 et 2) alors que le TUG pourrait être utilisé chez les populations âgées avec des troubles fonctionnels apparents. Au sein de l'étude MIXTRAIN, notre échantillon a un niveau d'étude élevé. Par conséquent, si nous avons à poursuivre le suivi de notre cohorte, il serait sûrement plus juste de choisir le test de marche en simple tâche pour faire des prévisions.

Ces majorations significatives sur des tests moteurs, ayant tous les deux montrés des liens avec les performances exécutives, soulignent bien l'implication du programme APEC dans la stimulation des processus exécutifs tant cognitifs que moteurs.

Les résultats relatifs à la comparaison des scores de progrès peuvent sembler en demi-teinte. En effet, au regard des nombreuses différences d'impacts des trois programmes constatées en terme d'effet quantitatif, nous nous attendions à ce que le groupe APEC montre des progrès significativement supérieurs aux deux autres groupes de façon plus prononcée. Cependant, nous souhaitons souligner qu'en comparaison avec le groupe contrôle,

pratiquement la moitié des différences significatives de progrès concerne le groupe APEC²⁶. De plus, lors des comparaisons entre le groupe APEC et les deux groupes d'entraînement simple, la différence est majoritairement dans le sens d'une plus-value pour le groupe d'entraînement simultané. Enfin, la configuration de notre étude peut également être responsable de ces résultats un peu timides sur les scores de progrès. Il est toujours plus délicat de démontrer des différences significatives d'impacts quand on compare des programmes certes de natures différentes, mais actifs. En effet, les sujets des groupes AP et EC tirent également des bénéfices des entraînements. Il ne s'agit pas de groupes contrôle dans le vrai sens du terme.

Comparaisons des tailles d'effet et des pourcentages d'amélioration

L'appréciation du *d* de Cohen (Cohen, 1988), dans l'ensemble des domaines étudiés n'apporte pas de précisions complémentaires, si ce n'est que chaque programme montre des tailles d'effet correctes, allant de modérées à larges.

Pour terminer d'aider à la compréhension, nous avons souhaité présenter les pourcentages d'améliorations dans les domaines particulièrement sensibles aux programmes, soit les variables exécutives à travers la Figure 24 et les variables fonctionnelles de marche à travers la Figure 25.

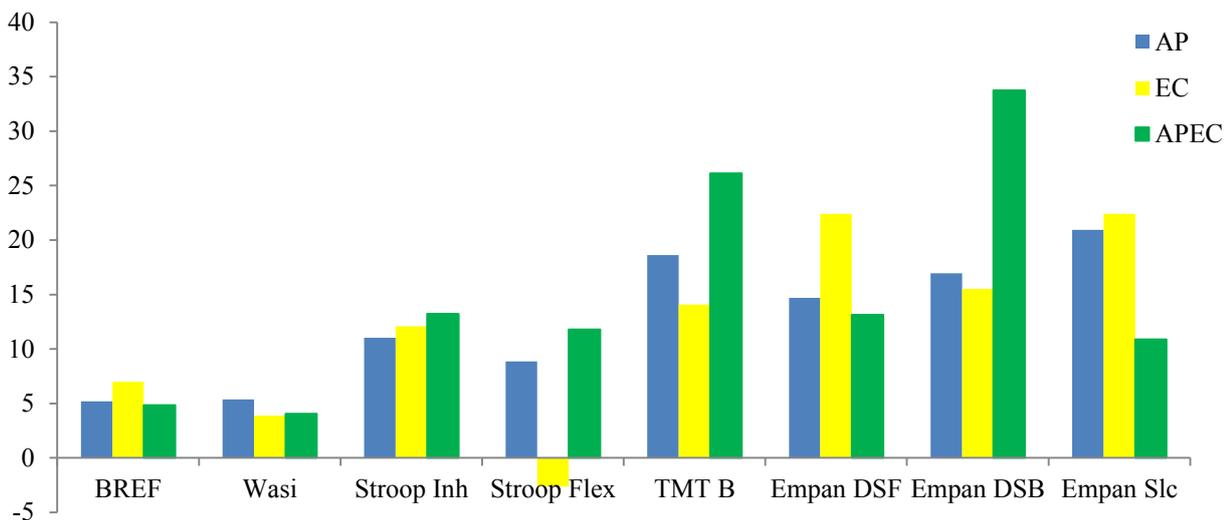


Figure 24. Comparaisons descriptives des pourcentages d'amélioration des programmes sur les tests exécutifs. *Les résultats du test du TMT B ont été mis dans le sens de l'amélioration.*

²⁶ AP*C : 7 différences significatives ; EC*C : 9 différences significatives ; APEC*C : 15 différences significatives

L'observation des pourcentages d'amélioration sur les variables exécutives confirme notre analyse sur les tailles d'effet où le programme APEC ne montre pas particulièrement une qualité d'effet majoré. Ainsi, on peut considérer que le programme APEC présente un effet simple sur la qualité de l'effet des tests exécutifs.

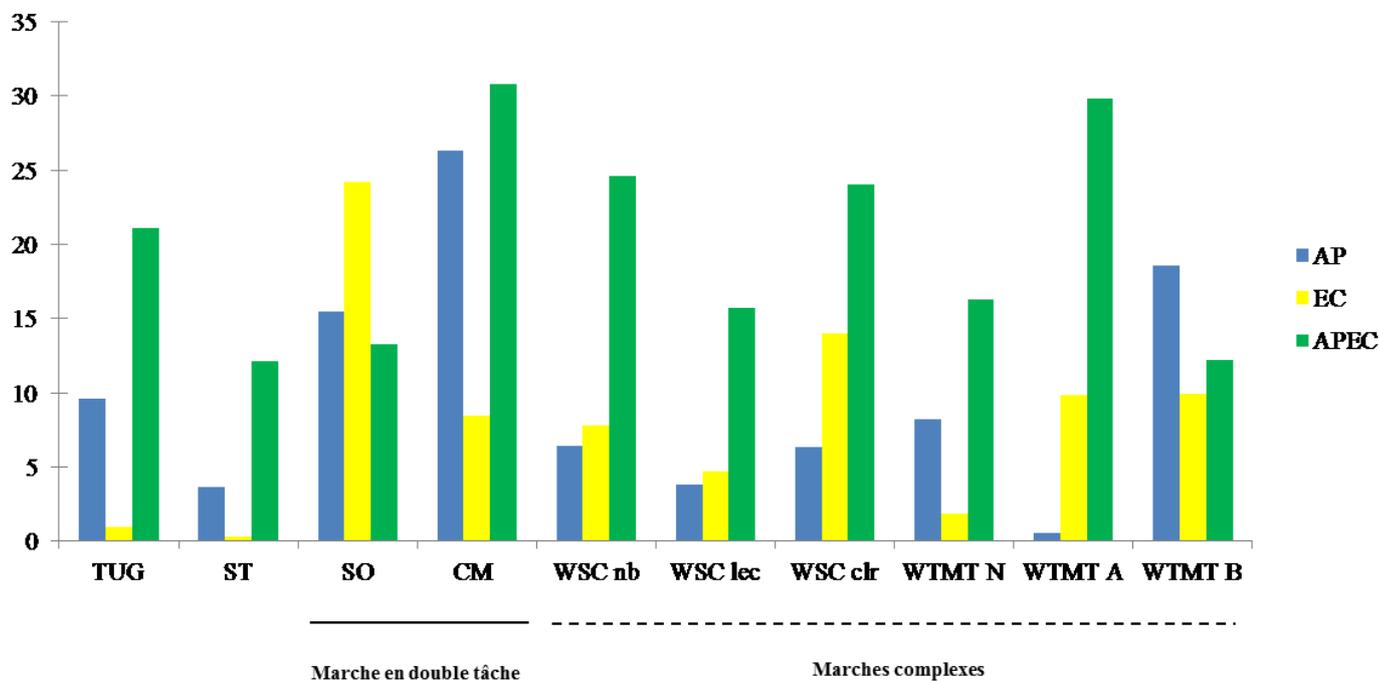


Figure 25. Comparaisons descriptives des pourcentages d'amélioration des programmes sur les variables motrices.

Les résultats du test du TUG ont été mis dans le sens de l'amélioration.

L'observation des pourcentages d'amélioration des tests de marche, à travers la Figure 25, montre ici une large supériorité en faveur du groupe APEC pour huit tests sur dix.

D'une façon générale, aux regards de nos résultats à la fois qualitatifs et quantitatifs, le programme simultané APEC semble tout à fait approprié dans la perspective de répondre à l'ensemble des troubles MCI. Ce style d'entraînement semble particulièrement pertinent pour accroître l'impact d'entraînements simples. La simultanéité du programme APEC a insufflé de manière évidente des majorations d'effets sur le nombre de variables significativement impactées. En revanche, les progrès engendrés, bien que significatifs, n'ont pas toujours été suffisamment importants pour se distinguer statistiquement des programmes simples. Il est probable qu'une prolongation de la durée du programme simultanée permette à l'avenir que les bénéfices s'installent plus profondément, et se distinguent donc de programmes simples de même durée.

Hypothèses sur les bienfaits majorés du groupe APEC

En observant nos résultats, trois hypothèses peuvent être suggérées pour tenter d'expliquer les bienfaits majorés de l'entraînement APEC.

L'environnement riche, illustré par la stimulation cognitive et aérobie, ainsi que les rencontres sociales, ont induit la succession d'une vaste gamme de stimulations variées qui ont pu motiver et stimuler les participants du groupe APEC à la bonne réalisation des tâches. Ces multiples stimuli sous-tendent l'effet de nouvelles expériences sensorielles et motrices. Ce serait donc tout simplement la majoration des stimuli qui pourraient être la cause d'une majoration de résultats, comme l'avait énoncé Frantzidis et al. (2014) dans leurs travaux sur les mécanismes neurophysiologiques. Ainsi, les multiples stimuli engendreraient des nouveaux réseaux neuronaux (i.e., synaptogenèse) ou un renforcement de l'activité synaptique (e.g., Churchill et al., 2002). Ces résultats vont dans le sens de l'hypothèse de l'augmentation de la plasticité synaptique (pour revue, Audiffren et al., 2011 ; Churchill et al., 2002 ; Renaud & Bherer, 2005).

En plus de la multiplicité des stimuli, les participants du groupe APEC devaient alterner entre les tâches cognitives (i.e., intra entraînement cognitif : travail de la rapidité, de l'exactitude et/ou du raisonnement) et motrices. Ces alternances ont permis de varier les priorités des stimulations, sans consigne particulière. Les travaux des entraînements cognitifs avaient recommandé cette variabilité pour majorer les gains sur des tâches de transferts (e.g., Gagnon & Belleville, 2012 ; Lussier, Gagnon, & Bherer, 2012). Or, les entraînements simultanés sont de par leurs caractéristiques méthodologiques, des entraînements qui présentent spontanément des alternances de priorités. Ces modalités de variabilité au sein de l'entraînement ont certainement permis de majorer les stimulations et de générer de nouvelles capacités à distribuer les compétences parmi des tâches multiples avec des priorités de traitement différentes.

Ensuite, nous avons remarqué que la pratique d'activité physique à une intensité faible dans notre programme APEC n'était pas signe de moins bons résultats. Par conséquent, ce serait bien l'action jointe de l'entraînement cognitif à la pratique de l'activité physique qui déclencherait des bienfaits de plus grandes envergures. Dans ce sens, il apparaît dans la littérature une théorie soutenant ce constat à l'aide de liens physiologiques. D'après Bamidis et al. (2014), les phénomènes cardiorespiratoires liés à l'activité physique permettraient la

création et la survie de neurones alors que l'entraînement cognitif, par l'effort mental fourni, créerait un environnement enrichi, initiateur de nouvelles connections synaptiques. Ainsi, le travail conjoint de ces deux modérateurs serait particulièrement efficace pour créer des capacités cognitives plus importantes chez les personnes. Dans cette perspective, les effets sur-additifs, illustrés principalement dans la partie quantitative, mettent en évidence une synergie entre les deux modérateurs. Ainsi notre étude confirme les hypothèses posées dans la littérature en montrant explicitement des effets synergiques de ces deux modérateurs (pour revue, Bamidis et al., 2014 ; Kraft, 2012 ; Schneider & Yvon, 2013).

Enfin, le caractère plaisant et novateur de cet entraînement a certainement joué un rôle dans le domaine de la qualité de vie, comme déjà énoncé, mais pas uniquement. En effet, nous pensons que les clefs des bienfaits du programme APEC se trouvent aussi dans le plaisir de participer aux activités qui a engendré une adhésion plus importante. Ces deux éléments sont d'après nous encouragés par l'entraînement cognitif. En effet, il semble qu'il ait pu aider à diminuer les blocages liés à la pratique d'activité physique, en divertissant les participants. De plus, certains travaux des entraînements séquentiels (e.g., Shatil, 2013) considèrent également l'entraînement cognitif comme porteur des bienfaits dans les programmes combinés. Or, dans nos résultats le groupe EC n'apparaît pas comme l'entraînement « principal », impulsant les bienfaits du groupe APEC, mais plutôt comme une solution face aux obstacles de la pratique physique.

CETTE ÉVENTUELLE MAJORATION SERA-T-ELLE SPÉCIFIQUE À UNE CATÉGORIE DE FONCTIONS ?

Parmi les quatre domaines mesurés, les tests moteurs, à travers les évaluations de marche en simple tâche et de marche fonctionnelle, apparaissent comme particulièrement sensibles à l'entraînement simultané.

Les améliorations motrices

Dans le cadre des entraînements cognitifs et physiques, la littérature se cantonne bien souvent à l'étude d'un transfert d'entraînement vers des tests neuropsychologiques. Or, notre étude illustre parfaitement que les gains de ces deux modérateurs ne se limitent pas seulement

aux domaines cognitifs. Ainsi nous souhaitons sensibiliser les prochaines études à la mise en place de plus larges panels d'évaluations et particulièrement sur les variables motrices de marche.

Vitesse en simple tâche

Comme nous l'avons déjà évoqué, l'amélioration de la marche en simple tâche représente un test particulièrement majoré par le programme APEC. Au-delà de la performance propre et de ses implications dans les processus exécutifs, la vitesse de marche donne une idée des capacités écologiques et fonctionnelles des personnes âgées (e.g., Verghese, Wang, & Holtzer, 2011), de la survie (Studenski et al., 2011), du risque d'hospitalisation (e.g., Studenski et al., 2003), ainsi que du risque de chutes (e.g., Maki, 1997 ; Montero-Odasso et al., 2005). De plus, elle fait partie des facteurs diagnostic de la fragilité²⁷ d'après Fried et al. en 2001. Cependant même si l'amélioration de la vitesse est significativement plus marquée dans le groupe APEC, la valeur de la moyenne Post test est sensiblement identique à celle des autres groupes. Par conséquent, nous ne pouvons pas spécialement projeter un meilleur avenir pour les sujets du groupe APEC. Cependant, il est probable que l'amélioration de la vitesse de marche illustre d'une meilleure capacité à se déplacer, qui pourrait par voie de conséquence maintenir une réserve fonctionnelle plus importante.

Vitesse des marches fonctionnelles

Tout d'abord, nous souhaitons souligner que notre protocole a fait attention à prendre en compte les scores des tâches cognitives en même temps que les mesures de la tâche motrice lors des situations de marche complexes ou de double tâche. En effet, de trop nombreuses études utilisent des tests fonctionnels de marche (i.e., couplant tâche cognitive avec tâche motrice de marche) mais n'apprécient pas le versant cognitif, pourtant indispensable à une évaluation objective et à son analyse (e.g., Schwenk et al., 2010).

Parmi les deux catégories de tests de marches complexes que nous avons mis en place, incluant au total six marches, le groupe APEC a amélioré quatre marches. Seules les marches les plus difficiles n'ont pas montré une amélioration significative. On pourrait donc considérer que l'effort cognitif demandé pour réussir ces tâches très complexes était trop important par

²⁷ les personnes âgées diagnostiquées comme fragiles, regroupent au moins trois de ces critères au cours de l'année précédant l'évaluation : perte de poids non intentionnelle, fatigue signalée par la personne elle-même, faiblesse musculaire (e.g., faible force de poigne), vitesse de marche lente, et peu d'activité physique pratiquée.

rapport aux potentiels d'améliorations de l'entraînement APEC. Ce constat mettrait donc en évidence un effet plafond. L'entraînement APEC atteint une certaine limite d'amélioration en l'espace de trois mois. Nous émettons l'hypothèse que la poursuite de l'entraînement pourrait probablement engendrer des effets plus importants sur ces tâches qui demandent un très haut niveau cognitif.

Sur les marches fonctionnelles en double tâche, seul le groupe APEC présente une amélioration de la vitesse de marche sur les deux tests évalués. Il semblerait donc qu'un entraînement en double tâche cognitivo-motrice soit bénéfique pour améliorer les situations de double tâche cognitivo-motrice. Ces résultats soutenus par la littérature (e.g., Pichierri et al., 2012 ; Silsupadol et al., 2009 ; Wollesen & Voelcker-Rehage, 2014 ; Yogev-Seligmann et al., 2011 ; You et al., 2009) sont cependant à nuancer. En effet, nos résultats ont montré que le groupe EC a lui aussi amélioré sa vitesse de marche lors d'un test en double tâche et que l'entraînement AP a lui aussi présenté des gains sur des variables fonctionnelles à la suite de l'entraînement. Par conséquent, même si le programme APEC engendre des bénéfices plus importants, l'amélioration des situations fonctionnelles où des tâches cognitives et motrices sont mises en jeu, ne résulte pas exclusivement d'un programme en double tâche.

L'ensemble de ces bons résultats moteurs pourrait favoriser des bienfaits à long terme sur des risques de comorbidités. En effet, l'implication clinique de ces améliorations pourrait laisser présager une protection des sujets MCI contre les risques de chute mais aussi contre les risques de conversion en démence (e.g., Desjardins-Crépeau et al., 2014). En effet, il a été démontré que ces derniers risques étaient majorés chez les sujets MCI ayant des troubles du pattern de marche en situation de marche fonctionnelle (Taylor et al., 2013 ; Verghese et al., 2007 ; Waite et al., 2005)

Hypothèses sur les bienfaits fonctionnels du groupe APEC

Dans le cadre théorique de ce travail, nous présentons trois hypothèses explicatives des effets des entraînements en double tâche : une plus grande quantité de capacités cognitives, un partage des processus cognitifs plus efficaces et enfin, une automatisation des processus qui permettrait une plus grande quantité de capacités cognitives disponible pour des tâches nouvelles.

Pour répondre à la première hypothèse, nous remarquons que l'amélioration des tests exécutifs ne peut être responsable à elle seule, des améliorations observées au niveau moteur. En effet, tous les programmes améliorent sept à huit variables cognitives. Par conséquent, la première hypothèse sur le modèle de concurrence entre les domaines (e.g., Maylor & Wing, 1996), qui stipulait que l'augmentation des capacités cognitives pouvait augmenter aussi la charge cognitive attribuée à la tâche motrice lors des situations de multi tâche, ne semble ici pas confirmée. En effet, d'après cette hypothèse, si tous les groupes améliorent leur capacité exécutive, alors ils auraient dû tous aussi améliorer leurs tâches de marche. Or, il existe bien une différence d'impact entre nos programmes.

La deuxième hypothèse suggérait que les entraînements en double tâche amélioreraient la coordination des ressources cognitives (e.g., Pichierri et al., 2012). D'après nos résultats, il est fort probable que la pratique régulière et durant toutes les séances de la double tâche en entraînement APEC ait favorisé des transferts de compétences sur d'autres situations de double tâche et potentiellement sur des tâches fonctionnelles. En accord avec la revue de littérature de Pichierri et al. (2011), nous pensons que la pratique de la double tâche pendant l'ensemble des séances, à un niveau de difficulté ajustée, a favorisé les processus de coordination des tâches chez les personnes âgées MCI (Pichierri et al., 2011 ; Makizako et al., 2013). Dans ce sens, l'absence de consigne sur la priorité de la tâche à effectuer pourrait laisser plus de liberté aux participants pour coordonner les deux tâches. Cette caractéristique pourrait aider à transférer des bienfaits plus importants (e.g., Bier, de Boysson, & Belleville, 2014). Par conséquent, l'hypothèse de l'amélioration de la coordination des ressources attentionnelles semble particulièrement appropriée pour expliquer les nombreux bienfaits du programme APEC sur les tests fonctionnels, qui sont pour la plupart des tests mettant en jeu en même temps des capacités motrices et cognitives.

Enfin, la troisième hypothèse basée sur le modèle de priorisation de la tâche, avançait que la pratique de tâches répétées au sein des entraînements pouvait aider à automatiser des procédés pour diminuer le coût cognitif de ces tâches (e.g., Schaefer et Schumacher, 2011). Cette dernière hypothèse peut aussi d'après nous, participer à expliquer les bienfaits de l'entraînement APEC sur les variables fonctionnelles de marche. En effet, nous pouvons supposer que la pratique répétée de la tâche motrice de pédalage a de nombreuses fois sollicitées les processus cognitifs alloués à la tâche motrice des membres inférieurs. Par conséquent, nous pourrions penser que cette stimulation des membres inférieurs a pu diminuer

le coût attentionnel alloué à cette tâche et «libérer» une plus grande marge de manœuvre pour d'autres tâches. Ainsi, l'activité physique permettrait d'automatiser certains processus moteurs, potentiellement en rapport avec la tâche de marche, engendrant ainsi une amélioration des performances lors des sollicitations cognitives des marches complexes.

D'après nos résultats, seules les deux dernières hypothèses peuvent être envisagées pour expliquer les différents résultats fonctionnels de marche de nos programmes en sachant qu'elles peuvent coexister.

EN CAS D'IMPACTS SIGNIFICATIFS, LES BÉNÉFICES SERONT-ILS PLUS DURABLES DANS LE CADRE DU PROGRAMME SIMULTANÉ ?

La troisième hypothèse de notre étude stipulait que l'entraînement APEC pouvait maintenir les améliorations des participants plus longtemps. Deux moyens s'offrent à nous pour analyser les effets obtenus : les analyses de corrélations entre les moyennes suivant l'entraînement et six mois plus tard et la comparaison des moyennes avant et six mois après la fin de l'entraînement, via des comparaisons planifiées. Parmi les études sur les entraînements simultanés, aucune n'a mis en place de suivi à long terme. Par conséquent, la comparaison de nos résultats avec la littérature sera délicate et sans recul.

Tout d'abord, d'un point de vue général, il est important de souligner que les variables significatives sont moins nombreuses mais que tous les entraînements ont maintenu des gains sur plusieurs d'entre elles six mois après la fin de l'entraînement. D'un point de vue des corrélations, dans le groupe AP, 63% des tests à six mois sont corrélés significativement avec les valeurs des tests améliorés juste après l'entraînement (i.e., Post-test). Dans le groupe EC, 55% des tests à six mois sont significativement en lien avec les performances des tests à la suite de l'entraînement. Dans le groupe APEC, 78% des tests à six mois sont corrélés significativement avec les valeurs post-tests des variables améliorées.

Parallèlement, aucun de nos groupes n'a montré de diminutions significatives par rapport au début de l'entraînement, alors que, lors des évaluations post-tests, nous avons déjà mis en évidence que les sujets MCI du groupe contrôle avaient tendance en trois mois à diminuer significativement leurs performances sur trois variables, dont une cognitive. Ainsi, le fait de

maintenir les résultats au même niveau neuf mois plus tard, semblerait, déjà, la mise en évidence d'une dynamique positive sur les performances des sujets MCI. Pour terminer dans le sens de cet argument, l'analyse descriptive de nos données montre des moyennes P6-tests toujours supérieures aux moyennes pré-tests. Ainsi, l'absence d'amélioration ne signifie pas forcément chez nos sujets une absence d'effet des entraînements.

Vis-à-vis des comparaisons planifiées, sur le plan cognitif, l'AP semble avoir bien maintenu ses bienfaits puisque cinq variables sur les cinq améliorées en post-test présentent encore des scores significativement plus importants que lors des pré-tests. Parallèlement le groupe APEC a maintenu trois scores sur les six mis en évidence à la suite de l'entraînement. De même, les résultats du groupe EC présentent seulement deux variables significativement plus grandes vis à vis des moyennes pré-tests. Face à ces premières analyses statistiques, il apparaît que le groupe AP a particulièrement bien amélioré ses performances sur le plan cognitif six mois après la fin de l'entraînement vis à vis des autres entraînements. En opposition avec les travaux d'Oswald, ces résultats, au premier abord déroutants, sont donc en demi-teinte par rapport à notre hypothèse. En effet, même si les moyennes du groupe APEC à six mois sont significativement plus en lien avec les moyennes post tests, ce groupe n'a pas réussi à maintenir suffisamment les nombreux bienfaits cognitifs dont il avait bénéficié directement après l'entraînement. Nous émettons l'hypothèse que la pratique de l'activité aérobie à une intensité trop faible dans les séances du groupe APEC pourrait expliquer cette différence. En effet, l'hypothèse métabolique suggère par une cascade de procédés physiologiques la mise en place de processus d'augmentation de la neurogénèse, et d'angiogénèse (e.g., Dustman et al., 1984). Or, dans la pratique des séances d'APEC, les intensités d'effort déployées sur le vélo étaient en dessous des intensités d'effort recommandées (i.e., intensité faible ; ACSM, 2006). Cette intensité insuffisante ne serait pas pénalisante pour la mise en place de bénéfices à court terme mais elle le serait davantage pour la mise en place de bénéfices plus pérennes Alors que celles de l'AP correspondaient à ces recommandations (i.e., intensité modérée ; ACSM 2006). Par conséquent, la pratique à intensité au minimum modérée pourrait être, d'après nos résultats, garantes de bienfaits maintenus à long terme.

Sur le plan cardiorespiratoire, les bienfaits des entraînements AP et APEC n'ont pas été maintenus à six mois, quelle que soit l'analyse. Par conséquent, nous pouvons considérer que

les améliorations physiologiques cardiorespiratoires engendrées par trois mois d'entraînement ne demeurent pas six mois plus tard.

Sur le plan psychologique, les groupes entraînés retrouvent globalement leur niveau d'avant entraînement. On peut remarquer cependant que le groupe APEC présente quatre tendances à l'amélioration. De même, les analyses de corrélations mettent en évidence un lien sur une grande majorité des variables améliorées post entraînement. Ces résultats ont donc tendance à soutenir l'idée que les bienfaits psychologiques du groupe APEC tendent à se maintenir dans le temps. De manière assez surprenante, puisque le groupe AP n'avait pas amélioré de variables de qualité de vie à la suite de l'entraînement, celui-ci présente une amélioration de la facette émotionnelle six mois après la fin de l'entraînement.

Enfin sur le plan moteur, le groupe APEC semble garder son avantage vis-à-vis des autres programmes sur les bienfaits engendrés dans les domaines de la marche, même si le nombre de tests améliorés a été moins important qu'immédiatement après l'entraînement. Les analyses de corrélations soutiennent aussi ce dessein. En outre, l'amélioration de cinq variables (i.e., tendances comprises) dans le groupe APEC, trois dans le groupe AP et aucun dans le groupe EC confirme l'importance de l'activité physique dans les impacts fonctionnels de marche à long terme.

Toutefois, aucun test de double tâche n'a été amélioré six mois après la fin des entraînements. Dans ce sens, nous pouvons penser que l'amélioration des stratégies d'allocation de ressources est elle aussi moins efficace que lors des post-tests.

Ainsi, il est difficile de conclure vis-à-vis de notre hypothèse sur le maintien plus important des améliorations du groupe APEC de manière générale. En effet l'analyse de nos résultats a montré que, six mois après l'entraînement, le groupe APEC avait toujours des bénéfices plus importants sur les tests moteurs et psychologiques. Cependant, le groupe AP a réussi à maintenir plus de gains sur les variables cognitives. Par conséquent, il semble compliqué de défendre de manière absolue des bienfaits plus pérennes du groupe simultané.

LIMITES & RECOMMANDATIONS DE CE TRAVAIL DOCTORAL

Malgré la construction réfléchie de notre méthodologie, cette étude présente un certain nombre de limites qu'il convient d'exposer pour mieux apprécier la valeur de nos résultats. Elles donnent lieu à des recommandations pour les prochaines études.

Les premières limites de ce travail sont directement liées à notre ambition de travailler sur une population MCI. Tout d'abord, notre programme d'intervention simultané a montré des améliorations significatives immédiates sur les capacités cognitives, cardiovasculaires, psychologiques et motrices chez les sujets MCIex. Cependant, nous n'avons pas pu répondre, étant donné le temps imparti de la thèse, à la question de l'impact de ce type d'entraînement à long terme sur les taux de conversion en démence (e.g., Rojas et al., 2013). On pourrait même se poser la question, pour certains participants, si le fait d'avoir participé aux entraînements en tant que personnes MCI soit toujours d'actualité et si ces sujets appartiennent encore à un vieillissement à risque. Cela ne peut être que des suppositions à ce niveau d'évaluation. Cependant, ces questions nous amène à réfléchir et à vouloir découvrir les effets de ces programmes encore plus à long terme. En effet, la suite logique de notre étude serait de suivre notre cohorte de participants pour comparer les taux de conversion en démence de ces participants par rapport à un taux d'une population contrôle MCIex. Par ailleurs, ce qui aurait pu aider à mieux délimiter les bienfaits des entraînements aurait été d'évaluer notre groupe contrôle six mois plus tard.

Ensuite, notre population d'étude présente des scores hétérogènes. La simple observation des valeurs des écart-types laisse présager un échantillon avec des performances très variées. L'absence de définition précise du profil MCI (e.g., Petersen, 2004), les différences entre les profils MCI et/ou la large étendue des âges de notre population d'étude (i.e., 66 ans à 91 ans) pourraient expliquer ces disparités. Celles-ci pourraient être responsables de résultats statistiques minimisés. Par conséquent, vis-à-vis de la limite liée à l'âge de nos participants, il pourrait être très intéressant pour les futures études de réduire l'étendue des âges au sein d'un même groupe à une dizaine d'années (e.g., 75 – 85 ans).

Enfin, le diagnostic MCI engendre également quelques soucis méthodologiques. Ce diagnostic repose sur un ensemble de critères, basés sur les tests neuropsychologiques. Ces épreuves psychométriques ne possèdent pas de normes standards uniques puisqu'un bilan cognitif se compose d'une batterie importante de tests neuropsychologiques souvent évaluée deux fois. Cette procédure est donc lente, variable, et potentiellement peu sensible si les sujets

ont des hauts niveaux cognitifs (effet protecteur vis-à-vis des tests qui sont pour la plupart corrélés au niveau socioéducatif). Elle participe donc à l'hétérogénéité des profils MCI. Une des pistes les plus sérieuses pour mieux cibler les profils particulièrement à risques de conversion est l'ajout de critères fonctionnels. En effet, plusieurs études ont suggéré que les troubles de marche pouvaient être présents bien avant le diagnostic de démence (e.g., Allali et al., 2007). Cette observation repose sur l'hypothèse que les performances motrices que nous analysons constituent un biomarqueur infraclinique plus puissant et plus précoce que l'évaluation des capacités cognitives seules (Perrochon et al., 2013). Dans ce sens, Verghese et al. (2013) ont proposé comme critère l'évaluation de la marche en simple tâche. En effet, une réduction de la vitesse de marche serait un facteur de risques à la conversion de démence. Le profil du « Motoric Cognitive Risk » (MCR), décrit par ces auteurs, apparaît donc comme prometteur (Verghese et al., 2013 ; Verghese et al., 2014). De plus, il est important de remarquer que l'approche des troubles cognitifs n'est plus centrée uniquement sur le cognitif, et que les troubles purement moteurs associés (e.g., vitesse de marche en simple tâche) pourraient être finalement, le critère principal pour apprécier le risque de conversion. Ces observations conduisent à se demander s'il ne serait pas nécessaire d'avoir une approche plus large pour évaluer l'ensemble des prédicteurs et leurs interactions chez les sujets MCI, (Belleville, Mellah, de Boysson, Demonet, & Bier, 2014 ; Peters, Villeneuve, & Belleville, 2014).

Vis-à-vis des groupes mis en place, une limite de ce travail est de ne pas avoir intégré de groupe contrôle avec une stimulation sociale, comme des séances de discussion, de lecture ou d'écoute par exemple. En effet, La pratique d'une activité aurait, en plus de la stimulation propre du programme, des conséquences collatérales sur le lien social. Ainsi, le lien social pourrait être un facteur d'influence sur les améliorations des sujets. Cette absence de groupe additionnel ne nous permet pas clairement de distinguer la part explicative de l'influence du lien social. En effet, les actions adaptées à la bonne conduite de ces entraînements, telles que, aller à des rendez-vous réguliers, y être à l'heure, rencontrer des personnes, échanger avec elles, apporteraient déjà un impact positif à ces sujets. Même si ce groupe peut paraître secondaire lors de la création d'une étude d'intervention, il a déjà été mis en place en tant que groupe contrôle (e.g., Sugano et al., 2012 ; Talassi et al., 2007). À notre connaissance, notre étude est néanmoins une des rares à proposer quatre groupes de participants, et la première à partir d'un groupe simultané comparé avec deux groupes d'interventions simples et un groupe contrôle sans activité. Porté par ces résultats prometteurs, elle se place alors comme une étude

préliminaire. De futurs travaux devront envisager l'intégration de groupe contrôle avec une stimulation sociale, afin d'identifier pleinement les impacts propres à ce facteur.

Nous relevons également quelques limites au niveau du contenu des programmes. Notamment, dans les séances avec de l'entraînement cognitif (i.e., groupe EC et APEC), la variété des exercices cognitifs mis en place, qui était souhaitée dans notre protocole pour favoriser le transfert des nouveaux apprentissages sur des tâches non travaillées en entraînement, a impliqué de changer de supports ou de consignes au sein même de chaque séance, et d'une séance à l'autre. Par conséquent, il a été impossible de quantifier les progrès cognitifs au cours du programme. Dans les séances avec de l'activité physique (i.e., groupe AP et APEC), les résistances des vélos ainsi que la durée ont été augmentées graduellement suivant les capacités des individus afin de maintenir un effort au plus proche de leur fréquence cardiaque cible, calculée en début de programme. Ainsi, les consignes pour la pratique de l'activité physique ont porté principalement sur l'atteinte et le maintien de la fréquence cardiaque cible et non pas sur les performances pouvant être calculées sur ce type de vélo (e.g., vitesse moyenne ; distance parcourue ; calories perdues). En conclusion, nous n'avons pas pu évaluer la progression des sujets au sein des différents programmes d'entraînement.

Toujours d'un point de vue méthodologique, la volonté d'entraîner les participants à un niveau au plus proche des capacités de chacun n'a pas été toujours facile quel que soit le programme (e.g., Ahissar & Hochstein, 2004 ; Clare et al., 2009 ; Smith-Ray et al., 2013). La procédure de l'entraînement cognitif a été particulièrement réfléchié puisque les recommandations étaient nombreuses et qu'il n'existe pas encore dans cette littérature des lignes de conduites très précises, comme dans la mise en place des protocoles d'activité physique. Par conséquent, il a fallu faire des choix éclairés. Le fait d'avoir mis en place un entraînement en groupe a impliqué un renoncement à l'objectif d'un niveau optimum individuel. Ce type de méthodologie avait comme principale limite de ne pas pouvoir ajuster le niveau d'entraînement à chaque individu. Ainsi, même si la difficulté des exercices a augmenté à chaque séance, le niveau proposé ne pouvait pas correspondre exactement à celui de chaque membre du groupe. À nos yeux, cette limite pourrait expliquer les moins nombreux bienfaits du groupe EC. Cependant, le fait d'être en groupe a toujours été apprécié par les participants (i.e., source de motivation, bonne ambiance collective), ce qui a pu favoriser leur adhésion.

Même si le protocole d'activité physique a été plus facilement élaboré grâce aux nombreuses références, la mise en pratique a fait apparaître des disparités dans la bonne

réussite de cet entraînement. Le cardiofréquencemètre n'a peut-être pas suffi à donner le feedback souhaité pour bien cibler l'atteinte de la fréquence cardiaque cible à intensité modérée. En effet, les résultats de notre étude sur les intensités d'effort révèle bien la difficulté à stimuler tous les participants à une même intensité (i.e., AP = 47.25 ± 23.7 % et APEC = 32.2 ± 16.02 %). De cette remarque émerge une autre question, si le groupe d'entraînement APEC avait réalisé le programme en suivant les recommandations actuelles de la littérature sur les bienfaits cognitifs d'une activité aérobie modérée, est ce que les bienfaits auraient été encore plus importants ? De futures études devraient mettre en place un entraînement APEC en étant particulièrement attentif à l'atteinte d'une intensité modérée durant la pratique de l'effort.

Une autre limite méthodologique a été identifiée dans les tests évaluant les capacités fonctionnelles. Il n'existe pas à l'heure actuelle de tests fonctionnels mesurant des activités de vie quotidienne. À partir de ce constat, il est impossible de démontrer des impacts des entraînements dans la vie de tous les jours. Malgré tout, même si les tests en double tâche ne peuvent pas reproduire à l'identique les actions de vie quotidienne, ils seraient les plus représentatifs de ces actions si multiples et variées. À l'aide de nouvelles technologies, les simulateurs pourraient être un bon outil pour aider à la construction de tests de vie quotidienne valides, fidèles et sensibles (e.g., Bier, de Boysson, & Belleville, 2014). En effet, l'attrait principal de la virtualité demeure dans son potentiel à créer des expériences proches de la vie quotidienne pleinement contrôlées (i.e., réalité virtuelle). Ainsi, la mise en place de tests écologiques à l'aide de la réalité virtuelle pourrait être la réponse la plus cohérente.

PERSPECTIVES

L'apport de ce travail de recherche pourrait donner lieu à des nouvelles pistes pour la mise en place de protocoles de recherche ou d'interventions applicables dès aujourd'hui dans notre société.

Perspectives technologiques

En plus de support pour évaluer les capacités de vie quotidienne, les simulateurs de réalité virtuelle pourrait ouvrir à un nouveau type d'entraînement qui ne consisterait plus à

espérer des transferts de capacité d'un entraînement physique et cognitif vers des tâches plus écologiques, mais à travailler directement la tâche écologique à risque chez la personne âgée. Nous pouvons prendre comme exemple la tâche de traversée de rue. Par conséquent, la multiplicité des stimuli, mise en évidence dans notre travail comme particulièrement bienfaitrice, pourrait être reproduite de manière plus écologique et sans risques.

Une autre piste technologique pour faire face aux déficits cognitifs mais aussi moteurs des personnes âgées, est l'approche robotique. En effet, les pays occidentaux tentent de moderniser les réponses face aux problématiques du vieillissement, en proposant des aides pour faciliter la vie quotidienne des personnes âgées (e.g., Wu, Cristancho-Lacroix, et al., 2014). À l'extérieur, la mise en accessibilité des lieux publics, développée à travers la loi de 2005 en France, favorise déjà une plus grande mobilité des personnes âgées. À leur domicile, la mise en place de technologies intelligentes telles que des robots semble de plus en plus réaliste. En effet, au niveau européen, de nombreux projets de recherche étudient le développement de robots chez les personnes âgées tels que : ACCOMPANY, ALIAS, ainsi que CompanionAble, Domeo, Florence, KSERA, et MobiServ. L'acceptation de ces nouveaux assistants est encore à l'étude chez les personnes âgées y compris MCI (e.g., Mehrabian et al., 2014 ; Wu, Cristancho-Lacroix, et al., 2014 ; Wu, Wrobel, et al., 2014), car il peut exister une réticence à l'égard de ces nouvelles technologies, mais ce type d'approche pourrait par la suite avoir un vrai rôle à jouer dans la mise en place d'un coaching cognitif ou physique journalier par exemple.

Une dernière perspective technologique de notre travail serait d'apprécier les différentes zones cérébrales sensibles aux programmes d'intervention, et ce, à partir de l'imagerie par résonances magnétiques (IRM). L'IRM fonctionnelle est une technique qui permet de détecter les zones du cerveau activées dans une tâche. Elle ne peut pas détecter l'activation absolue des régions du cerveau mais elle peut détecter des différences d'activations entre plusieurs conditions (repos vs accomplissement d'une tâche cognitive). Le principe repose sur le calcul, en temps réel, de la dépense d'oxygène liée à l'activité du cortex cérébral, en réponse à la réalisation d'une tâche cognitive (e.g., planification). L'utilisation de cette technique au sein des protocoles d'entraînement pourrait être particulièrement intéressante pour apprécier l'activation des zones cérébrales en lien avec l'amélioration des performances cognitives (e.g., Bherer & Belleville, 2012). Certains travaux portés sur l'observation des modifications d'images IRM à la suite des entraînements cognitifs montrent que ces

programmes engendrent une modification de l'intensité et des lieux des processus d'activations (e.g., Belleville et al., 2011 ; Belleville et al., 2014 ; Logan, Sanders, Snyder, Morris, & Buckner, 2002 ; Nyberg et al., 2003). Ces résultats soulignent la sensibilité des images cérébrales et l'implication des entraînements cognitifs comme une des pistes de traitements pour les personnes âgées souffrant de troubles cognitifs. Par ailleurs, la récente revue de littérature d'Erickson et al. (2014) conclut que l'activité physique et les capacités cardiorespiratoires sont associées à un plus grand volume de matière grise dans le cortex préfrontal et l'hippocampe (i.e., zones cérébrales reconnues pour leur implication dans les hauts processus cognitifs comme les fonctions exécutives). Les auteurs présentent aussi les résultats prometteurs d'une étude d'intervention qui suggère que le volume du cortex préfrontal et de l'hippocampe est modulable par la pratique d'activité physique (Erickson et al., 2014). Ainsi l'activité physique apparaît comme une méthode favorable pour influencer la matière grise chez les personnes âgées. Cependant, cette étude n'a pas mis en relation l'augmentation de matière grise avec des améliorations cognitives. L'ajout de l'entraînement cognitif à ce programme d'entraînement aurait donc pu majorer cette prise de contraste sur d'autres régions. L'évaluation par imagerie donnerait beaucoup plus de poids à nos théories actuelles et permettrait de valider, de manière objective, les hypothèses sur les mécanismes sous-jacents des bienfaits des entraînements.

Perspectives préventives

Une autre piste de réflexion pour répondre en amont aux troubles serait la mise en place de campagnes de prévention. D'une manière générale, il paraît indispensable de responsabiliser les personnes âgées sur le bien vieillir dès l'arrêt de l'activité professionnelle. En effet, l'activité professionnelle est porteuse de nombreuses stimulations (e.g., ponctualité, apprentissage, marche, rédaction, management), qui peuvent diminuer voire s'arrêter lors du passage à la retraite. Ainsi, même si l'initiative tend à être de plus en plus urgente étant donné les études épidémiologiques et ses enjeux économiques, il est encore rare dans la pratique, de proposer des interventions préventives à des personnes autonomes ou simplement à risque. Il est néanmoins notable que les personnes âgées ayant un style de vie actif, riche de nombreux stimuli, ont plus de chances de présenter un vieillissement proche des performances optimales. Par conséquent, l'objectif sera l'optimisation de leur vieillissement (Singer, Lindenberger, & Baltes, 2003). Ainsi, nous pouvons nous poser la question de l'impact d'un entraînement simultané chez des personnes âgées au vieillissement sain. L'idée, à nos yeux,

demeure de proposer ce type d'intervention dans le cadre d'une prévention ciblée sur des sujets à risque tant qu'il en est encore temps, en développant des tests diagnostiques plus sensibles aux difficultés fonctionnelles des personnes âgées (e.g., Belleville et al., 2014). Ces campagnes de prévention seraient établies en amont et pourraient être une réponse encore plus précoce aux processus délétères du vieillissement cognitif.

La méthodologie de notre programme est cependant contraignante à mettre en place dans toutes les structures. C'est pourquoi, afin de démocratiser l'accès à ses bienfaits, nous pourrions également exploiter l'idée de multi-tâches au sein d'une approche plus écologique telle que le sport (Moreau, Morrison, & Conway, 2015). Pour illustrer ces propos, la toute récente étude de Moreau, Morrison, et Conway (2015) met en place un entraînement de lutte, légèrement adapté afin de correspondre à la fois à une pratique physique et à une réflexion tactique. Comparé aux effets des programmes d'activité physique aérobie et d'entraînement cognitif de mémoire de travail, les participants du programme sport améliorent un plus grand nombre de variables cognitives de mémoire de travail et d'habiletés spatiales. De plus, leur taille d'effet est de plus grande qualité. Pour ces auteurs, cela pourrait s'expliquer du fait que certains sports offrent un environnement riche et divers pour déclencher des processus d'adaptation plus efficaces (e.g., pour revue, Moreau & Conway, 2014 ; Moreau, Morrison, & Conway, 2015). Ces travaux présentent donc des avantages pratiques indéniables (i.e., peu d'investissement) et des résultats de bonne qualité. Leur mise en pratique pourrait donc être imminente.

De manière plus globale, ne pourrait-on pas déduire de ce travail que des approches plus complexes seraient bienfaitrices pour la personne âgée ? Et ainsi, rehausser les niveaux d'exigence des activités proposées aux personnes âgées dans les institutions publiques, qui sont à l'heure actuelle, en France, essentiellement basées sur la culture, la gymnastique douce ou les arts plastiques. Ou encore valoriser la poursuite des activités professionnelles. En somme, il apparaît dans ce travail que les activités simples n'apportent pas assez de volume de stimulations pour réussir à générer des bienfaits transversaux importants. Au final, nous sommes persuadés que maintenir, reproduire et même augmenter les multiples sollicitations inhérentes à la vie adulte sont plus fructueuses pour les personnes âgées saines et essentielles pour les sujets MCI. Nous recommandons donc aux institutions d'arrêter de ne proposer que du doux divertissement aux personnes âgées en décomplexifiant les offres, sous prétexte du « bien être » et du plaisir. D'autant plus que ces deux dimensions sont d'après Spirduso,

Francis et McRae (2005) des sous- catégories pouvant influencer la qualité de vie alors que les capacités physiques et cognitives sont deux des trois facteurs principaux pouvant y agir directement (i.e., le troisième étant le facteur social).

Au-delà de soutenir l'innovation d'un entraînement simultané, qui a certes montré des bienfaits cognitifs et moteurs beaucoup plus importants que les autres programmes, l'enjeu de notre travail de thèse va être maintenant de promouvoir au sein de la population MCI, la mise en place d'interventions riches, concrètes et adaptées à l'ensemble de leurs troubles. Il est grand temps de réagir en amont des diagnostics pathologiques, de croire aux vertus de la prévention sans la considérer comme superflue, mais surtout de la mettre en place concrètement à l'aide de programmes complets portant tant sur la conservation des capacités cognitives que motrices, afin d'être au plus proche du maintien de l'autonomie.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abbott, R. D., White, L. R., Ross, G. W., Masaki, K. H., Curb, J. D., & Petrovitch, H. (2004). Walking and dementia in physically capable elderly men. *Jama*, *292*(12), 1447–1453.
- Ahissar, M., & Hochstein, S. (2004). The reverse hierarchy theory of visual perceptual learning. *Trends in Cognitive Sciences*, *8*(10), 457–464.
- Aisen, P. S. (2008). Treatment for MCI: is the evidence sufficient? *Neurology*, *70*(22), 2020–2021.
- Akbaraly, T. N., Portet, F., Fustini, S., Dartigues, J.-F., Artero, S., Rouaud, O., ... Berr, C. (2009). Leisure activities and the risk of dementia in the elderly Results from the Three-City Study. *Neurology*, *73*(11), 854–861.
- Akhtar, S., Moulin, C. J. A., & Bowie, P. C. W. (2006). Are people with mild cognitive impairment aware of the benefits of errorless learning? *Neuropsychological Rehabilitation*, *16*(3), 329–346.
- Albert, M., Blacker, D., Moss, M. B., Tanzi, R., & McArdle, J. J. (2007). Longitudinal change in cognitive performance among individuals with mild cognitive impairment. *Neuropsychology*, *21*(2), 158–169.
- Albert, M. S., Jones, K., Savage, C. R., Berkman, L., Seeman, T., Blazer, D., & Rowe, J. W. (1995). Predictors of cognitive change in older persons: MacArthur studies of successful aging. *Psychology and Aging*, *10*(4), 578.
- Albinet, C. (2004). *Vieillesse, activité physique et apprentissage moteur : effets de la complexité de la tâche* (Thèse de doctorat). Université Paul Sabatier - Toulouse III.
- Albinet, C., Bernard, P. L., & Palut, Y. (2006). Contrôle attentionnel de la stabilité posturale chez la personne âgée institutionnalisée : effets d'un programme d'activité physique. *Annales de Réadaptation et de Médecine Physique*, *49*(9), 625–631.
- Albinet, C. T., Boucard, G., Bouquet, C. A., & Audiffren, M. (2010). Increased heart rate variability and executive performance after aerobic training in the elderly. *European Journal of Applied Physiology*, *109*(4), 617–624.
- Alexander, N. B., Ashton-Miller, J. A., Giordani, B., Guire, K., & Schultz, A. B. (2005). Age differences in timed accurate stepping with increasing cognitive and visual demand: a walking trail making test. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, *60*(12), 1558–1562.
- Allali, G. (2007). *Etude de la variabilité de la marche en condition de double tâche chez le sujet âgé avec dysfonctionnement frontal* (Thèse de doctorat). University of Geneva.

- Allali, G., Kressig, R. W., Assal, F., Herrmann, F. R., Dubost, V., & Beauchet, O. (2007). Changes in gait while backward counting in demented older adults with frontal lobe dysfunction. *Gait & Posture*, 26(4), 572–576.
- Allali, G., Van Der Meulen, M., & Assal, F. (2010). Gait and cognition: the impact of executive function. *Schweizer Archiv Fur Neurologie Und Psychiatrie*, 161(6), 195–199.
- Allan, L. M., Ballard, C. G., Burn, D. J., & Kenny, R. A. (2005). Prevalence and severity of gait disorders in Alzheimer's and non-Alzheimer's dementias. *Journal of the American Geriatrics Society*, 53(10), 1681–1687.
- Al-Yahya, E., Dawes, H., Smith, L., Dennis, A., Howells, K., & Cockburn, J. (2011). Cognitive motor interference while walking: A systematic review and meta-analysis. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 35(3), 715–728.
- American College of Sports Medicine (2006). *ACSM'S Guidelines for exercise testing and prescription* (7th ed.). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Amieva, H. (2004). Evidencing inhibitory deficits in Alzheimer's disease through interference effects and shifting disabilities in the Stroop test. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 19(6), 791–803.
- Anderson-Hanley, C., Nimon, J. P., & Westen, S. C. (2010). Cognitive health benefits of strengthening exercise for community-dwelling older adults. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 32(9), 996–1001.
- Angevaren, M., Aufdemkampe, G., Verhaar, H. J. J., Aleman, A., & Vanhees, L. (2008). Physical activity and enhanced fitness to improve cognitive function in older people without known cognitive impairment. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, (2), CD005381.
- Anstey, K., & Christensen, H. (2000). Education, activity, health, blood pressure and apolipoprotein E as predictors of cognitive change in old age: a review. *Gerontology*, 46(3), 163–177.
- Apostolova, L. G., & Cummings, J. L. (2008). Neuropsychiatric manifestations in mild cognitive impairment: a systematic review of the literature. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*, 25(2), 115–126.
- Arbuckle, T. Y., Maag, U., Pushkar, D., & Chaikelson, J. S. (1998). Individual differences in trajectory of intellectual development over 45 years of adulthood. *Psychology and Aging*, 13(4), 663–675.
- Army Individual Test Battery (1944). *Manual of directions and scoring*. Washington, DC : War Department, Adjutant General's Office.
- Aubin, G., Coyette, F., Pradat-Diehl, P., & Vallat-Azouvi, C. (2007). *Neuropsychologie de la mémoire de travail*. Groupe de Boeck.
- Audiffren, M., André, N., & Albinet, C. (2011). Effets positifs de l'exercice physique chronique sur les fonctions cognitives des seniors : bilan et perspectives. *Revue de Neuropsychologie*, (3), 207–225.

- Baddeley, A. D. (1992). Working memory: the interface between memory and cognition. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 4(3), 281–288.
- Baddeley, A. D. (1996). The fractionation of working memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 93(24), 13468–13472.
- Baddeley, A. D., Della Sala, S., Gray, C., Papagno, C., Spinnler, H. (1997). Testing the central executive functioning with a pencil-and-paper test. In Rabbit, P. (Ed.). *Methodology of Frontal and Executive Functions* (pp. 61-80). Psychology Press. Hove (UK)
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (1974). Working Memory. In G. A. Bower (Ed.), *Recent advances in learning and motivation* (Vol. 8, pp. 47-90). New York: Academic Press.
- Baker, L. D., Frank, L. L., Foster-Schubert, K., Green, P. S., Wilkinson, C. W., McTiernan, A., ... Craft, S. (2010). Effects of aerobic exercise on Mild Cognitive Impairment: a controlled trial. *Archives of Neurology*, 67(1), 71-79.
- Ball, K., Berch, D. B., Helmers, K. F., Jobe, J. B., Leveck, M. D., Marsiske, M., ... Advanced Cognitive Training for Independent and Vital Elderly Study Group. (2002). Effects of cognitive training interventions with older adults: a randomized controlled trial. *JAMA*, 288(18), 2271–2281.
- Baltes, M. M., Kühl, K. P., Gutzmann, H., & Sowarka, D. (1995). Potential of cognitive plasticity as a diagnostic instrument: a cross-validation and extension. *Psychology and Aging*, 10(2), 167–172.
- Baltes, M. M., Kühl, K. P., & Sowarka, D. (1992). Testing for limits of cognitive reserve capacity: a promising strategy for early diagnosis of dementia? *Journal of Gerontology*, 47(3), 165–167.
- Baltes, P. B. (1987). Theoretical propositions of life-span developmental psychology: On the dynamics between growth and decline. *Developmental Psychology*, 23(5), 611–626.
- Baltes, P. B., & Labouvie, G. V. (1973). Adult development of intellectual performance: Description, explanation, and modification. In C. Eisdorfer & M. P. Lawton (Eds.), *The psychology of adult development and aging* (pp. 157–219). Washington, DC, US: American Psychological Association.
- Baltes, P. B., Lindenberger, U., & Staudinger, U. M. (2007). Life Span Theory in Developmental Psychology. In *Handbook of Child Psychology*. John Wiley & Sons, Inc.
- Baltes, P. B., & Singer, T. (2001). Plasticity and the ageing mind: an exemplar of the bio-cultural orchestration of brain and behaviour. *European Review*, 9(01), 59–76.
- Bamidis, P. D., Vivas, A. B., Styliadis, C., Frantzidis, C., Klados, M., Schlee, W., ... Papageorgiou, S. G. (2014). A review of physical and cognitive interventions in aging. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 44, 206–220.
- Bandura, A. (1989). Human agency in social cognitive theory. *The American Psychologist*, 44(9), 1175–1184.

- Barnes, D. E., Santos-Modesitt, W., Poelke, G., et al. (2013). The mental activity and exercise (max) trial: A randomized controlled trial to enhance cognitive function in older adults. *JAMA Internal Medicine*, *173*(9), 797–804.
- Barnes, D. E., & Yaffe, K. (2011). The projected impact of risk factor reduction on Alzheimer's disease prevalence. *Lancet Neurology*, *10*(9), 819–828.
- Barnes, D. E., Yaffe, K., Belfor, N., Jagust, W. J., DeCarli, C., Reed, B. R., & Kramer, J. H. (2009). Computer-based cognitive training for Mild Cognitive Impairment: results from a pilot randomized controlled trial. *Alzheimer Disease & Associated Disorders*, *23*(3), 205–210.
- Barnes, D. E., Yaffe, K., Satariano, W. A., & Tager, I. B. (2003). A longitudinal study of cardiorespiratory fitness and cognitive function in healthy older adults. *Journal of the American Geriatrics Society*, *51*(4), 459–465.
- Basford, J. R., & Malec, J. F. (2015). A brief overview and assessment of the role and benefits of cognitive rehabilitation. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*.
- Bastin, C., Diana, R. A., Simon, J., Collette, F., Yonelinas, A. P., & Salmon, E. (2013). Associative memory in aging: the effect of unitization on source memory. *Psychology and Aging*, *28*(1), 275–283.
- Beauchet, O., & Berrut, G. (2006). Gait and dual-task: definition, interest, and perspectives in the elderly. *Psychologie & Neuropsychiatrie Du Vieillissement*, *4*(3), 215–225.
- Belleville, S. (2008). Cognitive training for persons with mild cognitive impairment. *International Psychogeriatrics*, *20*(1), 57–66.
- Belleville, S., Bherer, L., Lepage, E., Chertkow, H., & Gauthier, S. (2008). Task switching capacities in persons with Alzheimer's disease and mild cognitive impairment. *Neuropsychologia*, *46*(8), 2225–2233.
- Belleville, S., Clement, F., Mellah, S., Gilbert, B., Fontaine, F., & Gauthier, S. (2011). Training-related brain plasticity in subjects at risk of developing Alzheimer's disease. *Brain*, *134*(6), 1623–1634.
- Belleville, S., Mellah, S., de Boysson, C., Demonet, J.-F., & Bier, B. (2014). The pattern and loci of training-induced brain changes in healthy older adults are predicted by the nature of the intervention. *PLoS ONE*, *9*(8), e102710.
- Belleville, S., Rouleau, N., & Van der Linden, M. (2006). Use of the Hayling task to measure inhibition of prepotent responses in normal aging and Alzheimer's disease. *Brain and Cognition*, *62*(2), 113–119.
- Benedict, C., Brooks, S. J., Kullberg, J., Nordenskjöld, R., Burgos, J., Le Grevès, M., ... Schiöth, H. B. (2013). Association between physical activity and brain health in older adults. *Neurobiology of Aging*, *34*(1), 83–90.

- Bherer, L. (2012). Améliorer les performances cognitives des personnes âgées à risque de déficits cognitifs : les bienfaits de la stimulation cognitive et de l'activité physique. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 55, Supplement 1, e311.
- Bherer, L. (2015). Cognitive plasticity in older adults: effects of cognitive training and physical exercise. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1337(1), 1–6.
- Bherer, L., Belleville, S., & Hudon, C. (2004). Le déclin des fonctions exécutives au cours du vieillissement normal, dans la maladie d'Alzheimer et dans la démence frontotemporale. *Psychologie & NeuroPsychiatrie Du Vieillissement*, 2(3), 181–189.
- Bherer, L., Erickson, K. I., & 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 Research*, 2013, 1–8.
- Bherer, L., Kramer, A. F., Peterson, M. S., Colcombe, S., Erickson, K., & Becic, E. (2005). Training effects on dual-task performance: are there age-related differences in plasticity of attentional control? *Psychology and Aging*, 20(4), 695–709.
- Bier, B., de Boysson, C., & Belleville, S. (2014). Identifying training modalities to improve multitasking in older adults. *Age*, 36(4).
- Bier, N., Grenier, S., Brodeur, C., Gauthier, S., Gilbert, B., Hudon, C., ... Belleville, S. (2015). Measuring the impact of cognitive and psychosocial interventions in persons with mild cognitive impairment with a randomized single-blind controlled trial: rationale and design of the MEMO+ study. *International Psychogeriatrics*, 27(3), 511–525.
- Binder, E. F., Storandt, M., & Birge, S. J. (1999). The relation between psychometric test performance and physical performance in older adults. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 54(8), 428–432.
- Blumenthal, J. A., & Madden, D. J. (1988). Effects of aerobic exercise training, age, and physical fitness on memory-search performance. *Psychology and Aging*, 3(3), 280–285.
- Blumenthal, J. A., Williams, R. S., Needels, T. L., & Wallace, A. G. (1982). Psychological changes accompany aerobic exercise in healthy middle-aged adults. *Psychosomatic Medicine*, 44(6), 529–536.
- Bohnen, N., Jolles, J., & Twijnstra, A. (1992). Modification of the Stroop Color Word Test improves differentiation between patients with mild head injury and matched controls. *The Clinical Neuropsychologist*, 6, 178-184.
- Bopp, K. L., & Verhaeghen, P. (2005). Aging and verbal memory span: a meta-analysis. *The Journals of Gerontology. Series B, Psychological Sciences and Social Sciences*, 60(5), 223–233.
- Borella, E., Carretti, B., Riboldi, F., & De Beni, R. (2010). Working memory training in older adults: Evidence of transfer and maintenance effects. *Psychology and Aging*, 25(4), 767–778.

- Borel, L., & Alescio-Lautier, B. (2014). Posture and cognition in the elderly: interaction and contribution to the rehabilitation strategies. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology*, 44(1), 95–107.
- Bos, I., De Boever, P., Emmerechts, J., Buekers, J., Vanoirbeek, J., Meeusen, R., ... Panis, L. I. (2012). Changed gene expression in brains of mice exposed to traffic in a highway tunnel. *Inhalation Toxicology*, 24(10), 676–686.
- Bös, K. (2003). The 2-km walking test: Age and sex specific normative values. *Gesundheitssport und Sporttherapie*, 19, 201-207.
- Brauer, S. G., Woollacott, M. H., Lamont, R., Clewett, S., O’Sullivan, J., Silburn, P., ... Morris, M. E. (2011). Single and dual task gait training in people with Parkinson’s Disease: A protocol for a randomised controlled trial. *BMC Neurology*, 11(1), 90.
- Brisswalter, J., Collardeau, M., & René, A. (2012). Effects of Acute Physical Exercise Characteristics on Cognitive Performance. *Sports Medicine*, 32(9), 555–566.
- Brown, L. A., Sleik, R. J., Polych, M. A., & Gage, W. H. (2002). Is the prioritization of postural control altered in conditions of postural threat in younger and older adults? *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 57(12), 785–792.
- Bruce-Keller, A. J., Brouillette, R. M., Tudor-Locke, C., Foil, H. C., Gahan, W. P., Correa, J., ... Keller, J. N. (2012). Assessment of cognition, physical performance, and gait in the context of mild cognitive impairment and dementia. *Journal of the American Geriatrics Society*, 60(1), 176–177.
- Buracchio, T., Dodge, H. H., Howieson, D., Wasserman, D., & Kaye, J. (2010). The trajectory of gait speed preceding mild cognitive impairment. *Archives of Neurology*, 67(8), 980–986.
- Burdea, G., & Coiffet, P. (2003). Virtual Reality Technology. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 12(6), 663–664.
- Buschkuehl, M., Jaeggi, S. M., Hutchison, S., Perrig-Chiello, P., Däpp, C., Müller, M., ... Perrig, W. J. (2008). Impact of working memory training on memory performance in old-old adults. *Psychology and Aging*, 23(4), 743–753.
- Cai, L., Chan, J. S. Y., Yan, J. H., & Peng, K. (2014). Brain plasticity and motor practice in cognitive aging. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 6.
- Caillaud, C., & Simar, D. (2004). Aptitude physique aérobie et âge. In C. Jeandel, P. L. Bernard, & O. Seynnes (Eds.), *Aptitude physique, Santé et Vieillesse* (pp. 57-63). Montpellier : Sauramps Médical.
- Calero, M. (2004). Relationship between plasticity, mild cognitive impairment and cognitive decline. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 19(5), 653–660.
- Calero, M., & Navarro, E. (2007). Cognitive plasticity as a modulating variable on the effects of memory training in elderly persons. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 22(1), 63–72.

- Carretti, B., Mammarella, I. C., & Borella, E. (2012). Age differences in proactive interference in verbal and visuospatial working memory. *Journal of Cognitive Psychology, 24*(3), 243–255.
- Caspersen, C. J., Powell, K. E., & Christenson, G. M. (1985). Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Reports (Washington, D.C.: 1974), 100*(2), 126–131.
- Cassilhas, R. C., Viana, V., Grassmann, V., Santos, R. T., Santos, R. F., Tufik, S., & Mello, M. T. (2007). The impact of resistance exercise on the cognitive function of the elderly. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 39*(8), 1401–1407.
- Cerella, J., Poon, L. W., & Williams, D. M. (1980). Age and the complexity hypothesis. In *Aging in the 1980s: Psychological issues* (pp. 332–340). Washington, DC, US: American Psychological Association.
- Chatelois, J., Van Der Linden, M., Rouleau, N., De Courcy, R., Crépeau, F., & Malenfant, A. (1996). Stroop Flexibilité-4 couleurs. Unpublished manuscript.
- Cheng, Y., Wu, W., Feng, W., Wang, J., Chen, Y., Shen, Y., ... Li, C. (2012). The effects of multi-domain versus single-domain cognitive training in non-demented older people: a randomized controlled trial. *BMC Medicine, 10*(1), 30.
- Chklovskii, D. B., Mel, B. W., & Svoboda, K. (2004). Cortical rewiring and information storage. *Nature, 431*(7010), 782–788.
- Choi, J.-H., & Kim, N.-J. (2015). The effects of balance training and ankle training on the gait of elderly people who have fallen. *Journal of Physical Therapy Science, 27*(1), 139–142.
- Christensen, H., Henderson, A. S., Griffiths, K., & Levings, C. (1997). Does ageing inevitably lead to declines in cognitive performance? A longitudinal study of elite academics. *Personality and Individual Differences, 23*(1), 67–78.
- Christensen, H., Korten, A., Jorm, A. F., Henderson, A. S., Scott, R., & Mackinnon, A. J. (1996). Activity levels and cognitive functioning in an elderly community sample. *Age and Ageing, 25*(1), 72–80.
- Christensen, H., & Mackinnon, A. (1993). The association between mental, social and physical activity and cognitive performance in young and old subjects. *Age and Ageing, 22*(3), 175–182.
- Churchill, J. D., Galvez, R., Colcombe, S., Swain, R. A., Kramer, A. F., & Greenough, W. T. (2002). Exercise, experience and the aging brain. *Neurobiology of Aging, 23*(5), 941–955.
- Cipriani, G., Bianchetti, A., & Trabucchi, M. (2006). Outcomes of a computer-based cognitive rehabilitation program on Alzheimer's disease patients compared with those on patients affected by mild cognitive impairment. *Archives of Gerontology and Geriatrics, 43*(3), 327–335.
- Clare, L., Linden, D. E., Woods, R. T., Whitaker, R., Evans, S. J., Parkinson, C. H., ... others. (2010). Goal-oriented cognitive rehabilitation for people with early-stage Alzheimer disease: a single-

- blind randomized controlled trial of clinical efficacy. *The American Journal of Geriatric Psychiatry*, 18(10), 928–939.
- Clare, L., van Paasschen, J., Evans, S. J., Parkinson, C., Woods, R. T., & Linden, D. E. J. (2009). Goal-oriented cognitive rehabilitation for an individual with Mild Cognitive Impairment: Behavioural and neuroimaging outcomes. *Neurocase*, 15(4), 318–331.
- Clarkson-Smith, L., & Hartley, A. A. (1989). Relationships between physical exercise and cognitive abilities in older adults. *Psychology and Aging*, 4(2), 183–189.
- Coelho, F. G. de M., Andrade, L. P., Pedroso, R. V., Santos-Galduroz, R. F., Gobbi, S., Costa, J., & Gobbi, L. (2013). Multimodal exercise intervention improves frontal cognitive functions and gait in Alzheimer's disease: A controlled trial. *Geriatrics & Gerontology International*, 13(1), 198–203.
- Cohen, J. (1988) *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (rev. ed.). New York
- Colcombe, S. J., Kramer, A. F., Erickson, K. I., Scalf, P., McAuley, E., Cohen, N. J., ... Elavsky, S. (2004). Cardiovascular fitness, cortical plasticity, and aging. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101(9), 3316–3321.
- Colcombe, S. J., Kramer, A. F., McAuley, E., Erickson, K. I., & Scalf, P. (2004). Neurocognitive aging and cardiovascular fitness. *Journal of Molecular Neuroscience*, 24(1), 9–14.
- Colcombe, S., & Kramer, A. F. (2003). Fitness effects on the cognitive function of older adults: a meta-analytic study. *Psychological Science*, 14(2), 125–130.
- Collette, F., Andrés, P., & Van der Linden, M. (1999). Lobes frontaux et mémoire de travail. *Neuropsychologie des lobes frontaux*, 89-114.
- Conrad, I., Uhle, C., Matschinger, H., Kilian, R., & Riedel-Heller, S. G. (2015). [Quality of life of individuals with mild cognitive impairment]. *Psychiatrische Praxis*, 42(3), 152–157.
- Corrigan, J. D., & Hinkeldey, N. S. (1987). Relationships between parts A and B of the Trail Making Test. *Journal of Clinical Psychology*, 43(4), 402–409.
- Cotman, C. W., & Berchtold, N. C. (2002). Exercise: a behavioral intervention to enhance brain health and plasticity. *Trends in Neurosciences*, 25(6), 295–301.
- Cunningham, D. A., Rechnitzer, P. A., & Donner, A. P. (1986). Exercise training and the speed of self-selected walking pace in men at retirement. *Canadian Journal on Aging/La Revue Canadienne Du Vieillessement*, 5(01), 19–26.
- Dahlin, E., Bäckman, L., Neely, A. S., & Nyberg, L. (2009). Training of the executive component of working memory: subcortical areas mediate transfer effects. *Restorative Neurology and Neuroscience*, 27(5), 405–419.
- Dahlin, E., Nyberg, L., Bäckman, L., & Neely, A. S. (2008). Plasticity of executive functioning in young and older adults: Immediate training gains, transfer, and long-term maintenance. *Psychology and Aging*, 23(4), 720–730.

- Davranche, K., Hall, B., & McMorris, T. (2009). Effect of acute exercise on cognitive control required during an Eriksen flanker task. *Journal of Sport & Exercise Psychology, 31*(5), 628–639.
- De Andrade, L. P., Gobbi, L. T. B., Coelho, F. G. M., Christofolotti, G., Riani Costa, J. L., & Stella, F. (2013). Benefits of multimodal exercise intervention for postural control and frontal cognitive functions in individuals with Alzheimer's disease: a controlled trial. *Journal of the American Geriatrics Society, 61*(11), 1919–1926.
- De Bruin, E. D., van Het Reve, E., & Murer, K. (2013). A randomized controlled pilot study assessing the feasibility of combined motor-cognitive training and its effect on gait characteristics in the elderly. *Clinical Rehabilitation, 27*(3), 215–225.
- De Bruin, N., Doan, J. B., Turnbull, G., Suchowersky, O., Bonfield, S., Hu, B., & Brown, L. A. (2010). Walking with music is a safe and viable tool for gait training in Parkinson's disease: the effect of a 13-week feasibility study on single and dual task walking. *Parkinson's Disease, 2010*, 1–9.
- Defrancesco, M., Marksteiner, J., Deisenhammer, E. A., Hinterhuber, H., & Weiss, E. M. (2009). Association of mMild Cognitive Impairment (MCI) and depression. *Neuropsychiatrie: Klinik, Diagnostik, Therapie Und Rehabilitation: Organ Der Gesellschaft Österreichischer Nervenärzte Und Psychiater, 23*(3), 144–150.
- Delbaere, K., Kochan, N. A., Close, J. C. T., Menant, J. C., Sturnieks, D. L., Brodaty, H., ... Lord, S. R. (2012). Mild cognitive impairment as a predictor of falls in community-dwelling older people. *The American Journal of Geriatric Psychiatry: Official Journal of the American Association for Geriatric Psychiatry, 20*(10), 845–853.
- Denney, N. W. (1984). A model of cognitive development across the life span. *Developmental Review, 4*(2), 171–191.
- Desjardins-Crépeau, L., Berryman, N., Vu, T. T. M., Villalpando, J. M., Kergoat, M.-J., Li, K. Z., ... Bherer, L. (2014). Physical functioning is associated with processing speed and executive functions in community-dwelling older adults. *The Journals of Gerontology. Series B, Psychological Sciences and Social Sciences, 69*(6), 837–844.
- Deviterne, D., Gauchard, G. C., Jamet, M., Vançon, G., & Perrin, P. P. (2005). Added cognitive load through rotary auditory stimulation can improve the quality of postural control in the elderly. *Brain Research Bulletin, 64*(6), 487–492.
- Dishman, R. K., Motl, R. W., Saunders, R., Felton, G., Ward, D. S., Dowda, M., & Pate, R. R. (2005). Enjoyment mediates effects of a school-based physical-activity intervention. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 37*(3), 478–487.
- Doi, T., Shimada, H., Makizako, H., Tsutsumimoto, K., Uemura, K., Anan, Y., & Suzuki, T. (2014). Cognitive function and gait speed under normal and dual-task walking among older adults with mild cognitive impairment. *BMC Neurology, 14*(1), 67.

- Dorbath, L., Hasselhorn, M., & Titz, C. (2011). Aging and Executive Functioning: A Training Study on Focus-Switching. *Frontiers in Psychology, 2*.
- Dorfman, M., Herman, T., Brozgol, M., Shema, S., Weiss, A., Hausdorff, J. M., & Mirelman, A. (2014). Dual-task training on a treadmill to improve gait and cognitive function in elderly idiopathic fallers. *Journal of Neurologic Physical Therapy: JNPT, 38*(4), 246–253.
- Dubois, B., Slachevsky, A., Litvan, I., & Pillon, B. (2000). The FAB: a Frontal Assessment Battery at bedside. *Neurology, 55*(11), 1621–1626.
- Dustman, R. E., Emmerson, R., & Shearer, D. (1994). Physical activity, age, and cognitive-neuropsychological function. *Journal of Aging and Physical Activity, 2*(2), 143–181.
- Dustman, R. E., Ruhling, R. O., Russell, E. M., Shearer, D. E., Bonekat, H. W., Shigeoka, J. W., ... Bradford, D. C. (1984). Aerobic exercise training and improved neuropsychological function of older individuals. *Neurobiology of Aging, 5*(1), 35–42.
- Eckroth-Bucher, M., & Siberski, J. (2009). Preserving cognition through an integrated cognitive stimulation and training program. *American Journal of Alzheimer's Disease and Other Dementias, 24*(3), 234–245.
- Edwards, J. D., Wadley, V. G., Myers, R. S., Roenker, D. L., Cissell, G. M., & Ball, K. K. (2002). Transfer of a speed of processing intervention to near and far cognitive functions. *Gerontology, 48*(5), 329–340.
- Edwards, J. D., Wadley, V. G., Vance, D. E., Wood, K., Roenker, D. L., & Ball, K. K. (2005). The impact of speed of processing training on cognitive and everyday performance. *Aging & Mental Health, 9*(3), 262–271.
- Eggermont, L. H., Gavett, B. E., Volkens, K. M., Blankevoort, C. G., Scherder, E. J., Jefferson, A. L., ... Stern, R. A. (2010). Lower-extremity function in cognitively healthy aging, mild cognitive impairment, and Alzheimer's disease. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 91*(4), 584–588.
- Eggermont, L. H., Milberg, W. P., Lipsitz, L. A., Scherder, E. J. A., & Leveille, S. G. (2009). Physical activity and executive function in aging: the MOBILIZE Boston study. *Journal of the American Geriatrics Society, 57*(10), 1750–1756.
- Ehsani, A. A., Ogawa, T., Miller, T. R., Spina, R. J., & Jilka, S. M. (1991). Exercise training improves left ventricular systolic function in older men. *Circulation, 83*(1), 96–103.
- Elkind, J. S., Rubin, E., Rosenthal, S., Skoff, B., & Prather, P. (2001). A simulated reality scenario compared with the computerized Wisconsin Card Sorting Test: an analysis of preliminary results. *CyberPsychology & Behavior, 4*(4), 489–496.
- Emery, C. F., Huppert, F. A., & Schein, R. L. (1995). Relationships among age, exercise, health, and cognitive function in a British sample. *The Gerontologist, 35*(3), 378–385.

- Erickson, K. I., Colcombe, S. J., Wadhwa, R., Bherer, L., Peterson, M. S., Scalf, P. E., ... Kramer, A. F. (2007). Training-induced plasticity in older adults: Effects of training on hemispheric asymmetry. *Neurobiology of Aging*, 28(2), 272–283.
- Erickson, K. I., Leckie, R. L., & Weinstein, A. M. (2014). Physical activity, fitness, and gray matter volume. *Neurobiology of Aging*, 35, 20–28.
- Erickson, K. I., Voss, M. W., Prakash, R. S., Basak, C., Szabo, A., Chaddock, L., ... Kramer, A. F. (2011). Exercise training increases size of hippocampus and improves memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(7), 3017–3022.
- Etnier, J. L., Nowell, P. M., Landers, D. M., & Sibley, B. A. (2006). A meta-regression to examine the relationship between aerobic fitness and cognitive performance. *Brain Research Reviews*, 52(1), 119–130.
- Etnier, J. L., Salazar, W., Landers, D. M., Petruzzello, S. J., Han, M., & Nowell, P. (1997). The influence of physical fitness and exercise upon cognitive functioning: a meta analysis. *Journal of Sport, & Exercise Psychology*, 19(3), 249-277.
- Etnier, J. L., Romero, D. H., & Traustadottir, T. (2001). Acquisition and retention of motor skills as a function of age and aerobic fitness. *Journal of Aging and Physical Activity*, 9, 425-437
- Evans, D. A., Beckett, L. A., Albert, M. S., Hebert, L. E., Scherr, P. A., Funkenstein, H. H., & Taylor, J. O. (1993). Level of education and change in cognitive function in a community population of older persons. *Annals of Epidemiology*, 3(1), 71–77.
- Evans, J. J., Greenfield, E., Wilson, B. A., & Bateman, A. (2009). Walking and talking therapy: Improving cognitive–motor dual-tasking in neurological illness. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 15(01), 112.
- Eysenck, M. W., & Keane, M. T. (2000). *Cognitive Psychology: A Student's Handbook*. Taylor & Francis.
- Fabre, C., Chamari, K., Mucci, P., Missé-Biron, J., & Préfaut, C. (2002). Improvement of cognitive function by mental and/or individualized aerobic training in healthy elderly subjects. *International Journal of Sports Medicine*, 23(6), 415–21.
- Fabre, C., Massé-Biron, J., Ahmaidi, S., Adam, B., & Préfaut, C. (1997). Effectiveness of individualized aerobic training at the ventilatory threshold in the elderly. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 52(5), B260–B266.
- Fabre, C., Massé-Biron, J., Chamari, K., Varray, A., Mucci, P., & Préfaut, C. (1999). Evaluation of quality of life in elderly healthy subjects after aerobic and/or mental training. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 28(1), 9–22.
- Fabrigoule, C., Letenneur, L., Dartigues, J. F., Zarrouk, M., Commenges, D., & Barberger-Gateau, P. (1995). Social and leisure activities and risk of dementia: a prospective longitudinal study. *Journal of the American Geriatrics Society*, 43(5), 485–490.

- Farmer, M. E., Kittner, S. J., Rae, D. S., Bartko, J. J., & Regier, D. A. (1995). Education and change in cognitive function: The Epidemiologic Catchment Area Study. *Annals of Epidemiology*, 5(1), 1–7.
- Faucounau, V., Wu, Y. H., Boulay, M., De Rotrou, J., & Rigaud, A. S. (2010). Cognitive intervention programmes on patients affected by Mild Cognitive Impairment: a promising intervention tool for MCI? *The Journal of Nutrition, Health & Aging*, 14(1), 31–35.
- Feldman, H., Scheltens, P., Scarpini, E., Hermann, N., Mesenbrink, P., Mancione, L., ... Ferris, S. (2004). Behavioral symptoms in mild cognitive impairment. *Neurology*, 62(7), 1199–1201.
- Fernández-Ballesteros, R., Zamarrón, M. D., & Tàrraga, L. (2005). Learning potential: a new method for assessing cognitive impairment. *International Psychogeriatrics / IPA*, 17(1), 119–128.
- Fissler, P., Küster, O., Schlee, W., & Kolassa, I.-T. (2013). Novelty interventions to enhance broad cognitive abilities and prevent dementia: synergistic approaches for the facilitation of positive plastic change. *Progress in Brain Research*, 207, 403–434.
- Flak, M. M., Hernes, S. S., Skranes, J., & Løhaugen, G. C. (2014). The Memory Aid study: protocol for a randomized controlled clinical trial evaluating the effect of computer-based working memory training in elderly patients with mild cognitive impairment (MCI). *Trials*, 15(1), 1–7.
- Flicker, C., Ferris, S. H., & Reisberg, B. (1991). Mild cognitive impairment in the elderly Predictors of dementia. *Neurology*, 41(7), 1006–1006.
- Flynn, T. M., & Storandt, M. (1990). Supplemental group discussions in memory training for older adults. *Psychology and Aging*, 5(2), 178–181.
- Folstein, M. F., Robins, L. N., & Helzer, J. E. (1983). The Mini-Mental State Examination. *Archives of General Psychiatry*, 40(7), 812.
- Fontaine, R. (2007). *Psychologie du vieillissement*. Paris : Dunod.
- Frantzidis, C. A., Ladas, A.-K. I., Vivas, A. B., Tsolaki, M., & Bamidis, P. D. (2014). Cognitive and physical training for the elderly: Evaluating outcome efficacy by means of neurophysiological synchronization. *International Journal of Psychophysiology*, 93(1), 1–11.
- Fried, L. P., Tangen, C. M., Walston, J., Newman, A. B., Hirsch, C., Gottdiener, J., ... Cardiovascular Health Study Collaborative Research Group. (2001). Frailty in older adults: evidence for a phenotype. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 56(3), M146–156.
- Gagnon, L. G., & Belleville, S. (2012). Training of attentional control in mild cognitive impairment with executive deficits: Results from a double-blind randomised controlled study. *Neuropsychological Rehabilitation*, 22(6), 809–835.
- Gates, N., Fiatarone Singh, M. A., Sachdev, P. S., & Valenzuela, M. (2013). The effect of exercise training on cognitive function in older adults with Mild Cognitive Impairment: a meta-analysis of randomized controlled trials. *The American Journal of Geriatric Psychiatry*, 21(11), 1086–1097.

- Gates, N., Valenzuela, M., Sachdev, P., & Singh, F. (2014). Psychological well-being in individuals with mild cognitive impairment. *Clinical Interventions in Aging*, 779.
- Gauthier, S., Reisberg, B., Zaudig, M., Petersen, R. C., Ritchie, K., Broich, K., ... others. (2006). Mild cognitive impairment. *The Lancet*, 367(9518), 1262–1270.
- Geda, Y. E., Knopman, D. S., Mrazek, D. A., Jicha, G. A., Smith, G. E., Negash, S., ... & Rocca, W. A. (2006). Depression, apolipoprotein e genotype, and the incidence of mild cognitive impairment: A prospective cohort study. *Archives of Neurology*, 63(3), 435–440.
- Geda, Y. E., Roberts, R. O., Knopman, D. S., Christianson, T. J., Pankratz, V. S., Ivnik, R. J., ... Rocca, W. A. (2010). Physical exercise, aging, and mild cognitive impairment: a population-based study. *Archives of Neurology*, 67(1), 80–86.
- Geschke, K., Fellgiebel, A., Laux, N., Schermuly, I., & Scheurich, A. (2013). Quality of life in dementia: impact of cognition and insight on applicability of the SF-36. *The American Journal of Geriatric Psychiatry: Official Journal of the American Association for Geriatric Psychiatry*, 21(7), 646–654.
- Ghisletta, P., Bickel, J.-F., & Lövdén, M. (2006). Does activity engagement protect against cognitive decline in old age? Methodological and analytical considerations. *The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, 61(5), 253–261.
- Gilbert, S. J., & Burgess, P. W. (2008). Executive function. *Current Biology*, 18(3), 110–114.
- Gillain, S., Warzee, E., Lekeu, F., Wojtasik, V., Maquet, D., Croisier, J.-L., ... Petermans, J. (2009). The value of instrumental gait analysis in elderly healthy, MCI or Alzheimer's disease subjects and a comparison with other clinical tests used in single and dual-task conditions. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 52(6), 453–474.
- Gobbi, L. T. B., Teixeira-Arroyo, C., Lirani-Silva, E., Vitória, R., Barbieri, F. A., & Pereira, M. P. (2013). Effect of different exercise programs on the psychological and cognitive functions of people with Parkinson's disease. *Motriz: Revista de Educação Física*, 19(3), 597–604.
- Godefroy, O., Jeannerod, M., Allain, P., & Le Gall, D. (2008). Lobe frontal, fonctions exécutives et contrôle cognitif Frontal lobe, executive functions and cognitive control. *Revue Neurologique*, 164, S119–S127.
- Godefroy, O. (2008). *Fonctions exécutives et pathologies neurologiques et psychiatriques: Évaluation en pratique clinique*. Groupe de Boeck.
- Gold, D. P., Andres, D., Etezadi, J., Arbuckle, T., Schwartzman, A., & Chaikelson, J. (1995). Structural equation model of intellectual change and continuity and predictors of intelligence in older men. *Psychology and Aging*, 10(2), 294–303.
- Gomar JJ, Bobes-Bascaran MT, Conejero-Goldberg C, Davies P, Goldberg TE, & Alzheimer's Disease Neuroimaging Initiative f. (2011). Utility of combinations of biomarkers, cognitive markers, and risk factors to predict conversion from mild cognitive impairment to alzheimer

- disease in patients in the alzheimer's disease neuroimaging initiative. *Archives of General Psychiatry*, 68(9), 961–969.
- Gomes, G. de C., Teixeira-Salmela, L. F., Fonseca, B. E., Freitas, F. A. S. de, Fonseca, M. L. M., Pacheco, B. D., ... Caramelli, P. (2015). Age and education influence the performance of elderly women on the dual-task Timed Up and Go test. *Arquivos De Neuro-Psiquiatria*, 73(3), 187–193.
- Gómez-Pinilla, F., Dao, L., & So, V. (1997). Physical exercise induces FGF-2 and its mRNA in the hippocampus. *Brain Research*, 764(1-2), 1–8.
- González-Palau, F., Franco, M., Bamidis, P., Losada, R., Parra, E., Papageorgiou, S. G., & Vivas, A. B. (2014). The effects of a computer-based cognitive and physical training program in a healthy and mildly cognitive impaired aging sample. *Aging & Mental Health*, 18(7), 838–846.
- Grande, G., Vanacore, N., Maggiore, L., Cucumo, V., Ghiretti, R., Galimberti, D., ... Clerici, F. (2014). Physical activity reduces the risk of dementia in mild cognitive impairment subjects: a cohort study. *Journal of Alzheimer's Disease: JAD*, 39(4), 833–839.
- Greenaway, M. C., Hanna, S. M., Lepore, S. W., & Smith, G. E. (2008). A behavioral rehabilitation intervention for amnesic mild cognitive impairment. *American Journal of Alzheimer's Disease and Other Dementias*, 23(5), 451–461.
- Greenwood, P. M., & Parasuraman, R. (2010). Neuronal and cognitive plasticity: a neurocognitive framework for ameliorating cognitive aging. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 2, 150.
- Günther, V. K., Schäfer, P., Holzner, B. J., & Kemmler, G. W. (2003). Long-term improvements in cognitive performance through computer-assisted cognitive training: A pilot study in a residential home for older people. *Aging & Mental Health*, 7(3), 200–206.
- Guralnik, J. M., Ferrucci, L., Pieper, C. F., Leveille, S. G., Markides, K. S., Ostir, G. V., ... Wallace, R. B. (2000). Lower extremity function and subsequent disability: consistency across studies, predictive models, and value of gait speed alone compared with the short physical performance battery. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 55(4), 221–231.
- Hall, C. D., Smith, A. L., & Keele, S. W. (2001). The impact of aerobic activity on cognitive function in older adults: A new synthesis based on the concept of executive control. *European Journal of Cognitive Psychology*, 13(1-2), 279–300.
- Hamer, M., & Chida, Y. (2009). Physical activity and risk of neurodegenerative disease: a systematic review of prospective evidence. *Psychological Medicine*, 39(01), 3.
- Hampstead, B. M., Sathian, K., Moore, A. B., Nalisnick, C., & Stringer, A. Y. (2008). Explicit memory training leads to improved memory for face–name pairs in patients with mild cognitive impairment: Results of a pilot investigation. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 14(05), 883–889.

- Hartley, A. A., Kieley, J., & McKenzie, C. R. (1992). Allocation of visual attention in younger and older adults. *Perception & Psychophysics*, *52*(2), 175–185.
- Hasher, L., & Zacks, R. T. (1988). Working memory, comprehension, and aging: a review and a new view. In G. H. Bower (Ed.), *Psychology of Learning and Motivation* (Vol. 22, pp. 193–225). Academic Press.
- Hasher, L., Zacks, R. T., & May, C. P. (1999). Inhibitory control, circadian arousal, and age. In inhibitory control, circadian arousal, D. Gopher, & A. Koriat (Eds.), *Attention and performance XVII: Cognitive regulation of performance: Interaction of theory and application* (pp. 653–675). Cambridge, MA, US: The MIT Press.
- Hastings, E. C., & West, R. L. (2009). The relative success of a self-help and a group-based memory training program for older adults. *Psychology and Aging*, *24*(3), 586–594.
- Haute Autorité de Santé. (2009). *Maladie t maladies apparentées : prise en charge des troubles du comportement perturbateurs*.
- Hauer, K. A., Kempen, G. I. J. M., Schwenk, M., Yardley, L., Beyer, N., Todd, C., ... Zijlstra, G. A. R. (2010). Validity and sensitivity to change of the falls efficacy scales international to assess fear of falling in older adults with and without cognitive impairment. *Gerontology*.
- Hausdorff, J. M., & Buchman, A. S. (2013). What links gait speed and MCI with Dementia? a fresh look at the association between motor and cognitive function. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, *68*(4), 409–411.
- Hausdorff, J. M., Schweiger, A., Herman, T., Yogeve-Seligmann, G., & Giladi, N. (2008). Dual-task decrements in gait: contributing factors among healthy older adults. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, *63*(12), 1335–1343.
- Hawkins, H. L., Kramer, A. F., & Capaldi, D. (1992). Aging, exercise, and attention. *Psychology and Aging*, *7*(4), 643.
- Hawkins, S., & Wiswell, R. (2003). Rate and mechanism of maximal oxygen consumption decline with aging: implications for exercise training. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, *33*(12), 877–888.
- Hazif-Thomas, C., Reber, G., Bonvalot, T., & Thomas, P. (2005). Syndrome dysexécutif et dépression tardive. *Annales Médico-psychologiques, revue psychiatrique*, *163*(7), 569–576.
- Heath, G. W., Hagberg, J. M., Ehsani, A. A., & Holloszy, J. O. (1981). A physiological comparison of young and older endurance athletes. *Journal of Applied Physiology: Respiratory, Environmental and Exercise Physiology*, *51*(3), 634–640.
- Herman, T., Mirelman, A., Giladi, N., Schweiger, A., & Hausdorff, J. M. (2010). Executive control deficits as a prodrome to falls in healthy older adults: a prospective study linking thinking, walking, and falling. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, *65A*(10), 1086–1092.

- Herrera, C., Chambon, C., Michel, B. F., Paban, V., & Alescio-Lautier, B. (2012). Positive effects of computer-based cognitive training in adults with mild cognitive impairment. *Neuropsychologia*, *50*(8), 1871–1881.
- Hertzog, C., Kramer, A. F., Wilson, R. S., & Lindenberger, U. (2008). Enrichment effects on adult cognitive development can the functional capacity of older adults be preserved and enhanced? *Psychological Science in the Public Interest*, *9*(1), 1–65.
- Herzog, M. H., & Fahle, M. (1997). The role of feedback in learning a vernier discrimination task. *Vision Research*, *37*(15), 2133–2141.
- Heyn, P., Abreu, B. C., & Ottenbacher, K. J. (2004). The effects of exercise training on elderly persons with cognitive impairment and dementia: A meta-analysis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *85*(10), 1694–1704.
- Hillman, C. H., Snook, E. M., & Jerome, G. J. (2003). Acute cardiovascular exercise and executive control function. *International Journal of Psychophysiology*, *48*(3), 307–314.
- Hillman, C. H., Weiss, E. P., Hagberg, J. M., & Hatfield, B. D. (2002). The relationship of age and cardiovascular fitness to cognitive and motor processes. *Psychophysiology*, *39*(3), 303–312.
- Hillman, C., Kramer, A., Belopolsky, A., & Smith, D. (2006). A cross-sectional examination of age and physical activity on performance and event-related brain potentials in a task switching paradigm. *International Journal of Psychophysiology*, *59*(1), 30–39.
- Hill, R. D., Storandt, M., & Malley, M. (1993). The impact of long-term exercise training on psychological function in older adults. *Journal of Gerontology*, *48*(1), 12–17.
- Holtzer, R., Friedman, R., Lipton, R. B., Katz, M., Xue, X., & Verghese, J. (2007). The relationship between specific cognitive functions and falls in aging. *Neuropsychology*, *21*(5), 540–548.
- Horr, T., Messinger-Rapport, B., & Pillai, J. A. (2015). Systematic review of strengths and limitations of randomized controlled trials for non-pharmacological interventions in mild cognitive impairment: focus on Alzheimer's disease. *The Journal of Nutrition, Health & Aging*, *19*(2), 141–153.
- Hötting, K., & Röder, B. (2013). Beneficial effects of physical exercise on neuroplasticity and cognition. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *37*(9), 2243–2257.
- Howley, E. T. (2001). Type of activity: resistance, aerobic and leisure versus occupational physical activity. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *33*(6), 364–369.
- Huckans, M., Hutson, L., Twamley, E., Jak, A., Kaye, J., & Storzbach, D. (2013). Efficacy of cognitive rehabilitation therapies for Mild Cognitive Impairment (MCI) in older adults: working toward a theoretical model and evidence-based interventions. *Neuropsychology Review*, *23*(1), 63–80.
- Hughes, S. L., Seymour, R. B., Campbell, R. T., Whitelaw, N., & Bazzarre, T. (2009). Best-practice physical activity programs for older adults: findings from the national impact study. *American Journal of Public Health*, *99*(2), 362–368.

- Hultsch, D. F., Hertzog, C., Small, B. J., & Dixon, R. A. (1999). Use it or lose it: engaged lifestyle as a buffer of cognitive decline in aging? *Psychology and Aging, 14*(2), 245.
- Hupet, M., & Van der Linden, M. (1994). L'étude du vieillissement cognitif : Aspects théoriques et méthodologiques. In M. Van der Linden & M. Hupet (Eds.), *Le vieillissement cognitif* (pp. 9-35). Paris : Presses Universitaires de France.
- Huxhold, O., Li, S.-C., Schmiedek, F., & Lindenberger, U. (2006). Dual-tasking postural control: Aging and the effects of cognitive demand in conjunction with focus of attention. *Brain Research Bulletin, 69*(3), 294–305.
- Isingrini, M., & Kaplan, E. (2004). Fonctions exécutives, mémoire et métamémoire dans le vieillissement normal. In T. Meulemans, F. Collette, & M. Van der Linden (Eds.), *Neuropsychologie des fonctions exécutives* (pp. 79-108). Marseille : Solal.
- Jean, L., Simard, M., Wiederkehr, S., Bergeron, M.-È., Turgeon, Y., Hudon, C., ... van Reekum, R. (2010). Efficacy of a cognitive training programme for mild cognitive impairment: Results of a randomised controlled study. *Neuropsychological Rehabilitation, 20*(3), 377–405.
- Jones, C., & Hammig, B. (2009). Case report: injuries associated with interactive game consoles: preliminary data. *The Physician and Sportsmedicine, 37*(1), 138–140.
- Jones, S., Nyberg, L., Sandblom, J., Stigsdotter Neely, A., Ingvar, M., Magnus Petersson, K., & Bäckman, L. (2006). Cognitive and neural plasticity in aging: General and task-specific limitations. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 30*(6), 864–871.
- Jopp, D., & Hertzog, C. (2007). Activities, self-referent memory beliefs, and cognitive performance: Evidence for direct and mediated relations. *Psychology and Aging, 22*(4), 811–825.
- Kalpouzos, G., Eustache, F., & Desgranges, B. (2008). Cognitive reserve and neural networks in normal aging and Alzheimer's disease. *Psychologie & Neuropsychiatrie Du Vieillissement, 6*(2), 97–105.
- Karp, A., Paillard-Borg, S., Wang, H.-X., Silverstein, M., Winblad, B., & Fratiglioni, L. (2006). Mental, physical and social components in leisure activities equally contribute to decrease dementia risk. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders, 21*(2), 65–73.
- Katzman, R., Aronson, M., Fuld, P., Kawas, C., Brown, T., Morgenstern, H., ... & Ooi, W. L. (1989). Development of dementing illnesses in an 80-year-old volunteer cohort. *Annals of neurology, 25*(4), 317-324.
- Kelly, M. E., Loughrey, D., Lawlor, B. A., Robertson, I. H., Walsh, C., & Brennan, S. (2014). The impact of cognitive training and mental stimulation on cognitive and everyday functioning of healthy older adults: A systematic review and meta-analysis. *Ageing Research Reviews, 15*, 28–43.
- Kempermann, G., Fabel, K., Ehninger, D., Babu, H., Leal-Galicia, P., Garthe, A., & Wolf, S. A. (2010). Why and how physical activity promotes experience-induced brain plasticity. *Frontiers in Neuroscience, 4*.

- Kempermann, G., Gast, D., & Gage, F. H. (2002). Neuroplasticity in old age: Sustained fivefold induction of hippocampal neurogenesis by long-term environmental enrichment. *Annals of Neurology*, *52*(2), 135–143.
- Kemper, S., Herman, R. E., & Lian, C. H. T. (2003). The costs of doing two things at once for young and older adults: Talking while walking, finger tapping, and ignoring speech of noise. *Psychology and Aging*, *18*(2), 181–192.
- King, A. C., Pruitt, L. A., Philipps, W., Ora, R., Rodenburg, A., & Haskell, W. L. (2000). Comparative effects of two physical activity programs on measured and perceived physical functioning and other health-related quality of life outcomes in older adults. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, *55*(2), 74–83.
- Kinsella, G. J., Mullaly, E., Rand, E., Ong, B., Burton, C., Price, S., ... Storey, E. (2009). Early intervention for mild cognitive impairment: a randomised controlled trial. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, *80*(7), 730–736.
- Kirchhoff, B. A., Anderson, B. A., Smith, S. E., Barch, D. M., & Jacoby, L. L. (2012). Cognitive training-related changes in hippocampal activity associated with recollection in older adults. *NeuroImage*, *62*(3), 1956–1964.
- Kriska, A. M. (1997). Modifiable Activity Questionnaire. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *29*, 73-78
- Kliegel, M., Zimprich, D., & Rott, C. (2004). Life-long intellectual activities mediate the predictive effect of early education on cognitive impairment in centenarians: a retrospective study. *Aging & Mental Health*, *8*(5), 430–437.
- Kline, G. M., Porcari, J. P., Hintermeister, R., Freedson, P. S., Ward, A., McCarron, R. F., ... Rippe, J. M. (1987). Estimation of VO₂max from a one-mile track walk, gender, age, and body weight. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *19*(3), 253–259.
- Knowles, A.-M., Herbert, P., Easton, C., Sculthorpe, N., & Grace, F. M. (2015). Impact of low-volume, high-intensity interval training on maximal aerobic capacity, health-related quality of life and motivation to exercise in ageing men. *Age*, *37*(2), 25.
- Kolt, G. S., Driver, R. P., & Giles, L. C. (2004). Why older australians participate in exercise and sport. *Journal of Aging and Physical Activity*, *12*(2), 185–198.
- Kraft, E. (2012). Cognitive function, physical activity, and aging: possible biological links and implications for multimodal interventions. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, *19*(1-2), 248–263.
- Kramer, A. F. (2006). Exercise, cognition, and the aging brain. *Journal of Applied Physiology*, *101*(4), 1237–1242.
- Kramer, A. F., Bherer, L., Colcombe, S. J., Dong, W., & Greenough, W. T. (2004). Environmental influences on cognitive and brain plasticity during aging. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, *59*(9), 940–957.

- Kramer, A. F., Colcombe, S., Erickson, K., Belopolsky, A., McAuley, E., Cohen, N. J., ... Wszalek, T. M. (2002). Effects of aerobic fitness training on human cortical function. *Journal of Molecular Neuroscience*, *19*(1-2), 227–231.
- Kramer, A. F., Colcombe, S. J., McAuley, E., Scalf, P. E., & Erickson, K. I. (2005). Fitness, aging and neurocognitive function. *Neurobiology of Aging*, *26*(1), 124–127.
- Kramer, A. F., & Erickson, K. I. (2007). Effects of physical activity on cognition, well-being, and brain: Human interventions. *Alzheimer's & Dementia*, *3*(2), 45–51.
- Kramer, A. F., Hahn, S., Cohen, N. J., Banich, M. T., McAuley, E., Harrison, C. R., ... Colcombe, A. (1999). Ageing, fitness and neurocognitive function. *Nature*, *400*(6743), 418–419.
- Kramer, A. F., Hahn, S., & McAuley, E. (2000). Influence of aerobic fitness on the neurocognitive function of older adults. *Journal of Aging and Physical Activity*, *8*, 379–385.
- Kramer, A. F., Hahn, S., & Gopher, D. (1999). Task coordination and aging: Explorations of executive control processes in the task switching paradigm. *Acta Psychologica*, *101*(2), 339–378.
- Kramer, A. F., Hahn, S., McAuley, E., Cohen, N. J., Banich, M. T., Harrison, C., ... others. (2001). Exercise, aging and cognition: healthy body, healthy mind. *Human Factors Interventions for the Health Care of Older Adults*, 91–120.
- Kramer, A. F., Larish, J. F., & Strayer, D. L. (1995). Training for attentional control in dual task settings: a comparison of young and old adults. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, *1*(1), 50–76.
- Kramer, A. F., & Willis, S. L. (2003). *Cognitive Plasticity and Aging*. In B.-P. of L. and Motivation (Ed.), (Vol. 43, pp. 267–302). Academic Press.
- Kressig, R. W., Allali, G., & Beauchet, O. (2005). Long-term practice of Jaques-Dalcroze eurhythmics prevents age-related increase of gait variability under a dual task. *Journal of the American Geriatrics Society*, *53*(4), 728–729.
- Kriska, A. M., Knowler, W. C., LaPorte, R. E., Drash, A. L., Wing, R. R., Blair, S. N., ... Kuller, L. H. (1990). Development of questionnaire to examine relationship of physical activity and diabetes in Pima Indians. *Diabetes Care*, *13*(4), 401–411.
- Kristensen, M. T., Foss, N. B., & Kehlet, H. (2009). Factors with independent influence on the “timed up and go” test in patients with hip fracture. *Physiotherapy Research International: The Journal for Researchers and Clinicians in Physical Therapy*, *14*(1), 30–41.
- Kubicki, A. (2014). Functional assessment in older adults: Should we use timed up and go or gait speed test? *Neuroscience Letters*, *577*, 89–94.
- Kueider, A. M., Parisi, J. M., Gross, A. L., & Rebok, G. W. (2012). Computerized cognitive training with older adults: A systematic review. *PLoS ONE*, *7*(7), e40588.
- Kurz, A., Pohl, C., Ramsenthaler, M., & Sorg, C. (2009). Cognitive rehabilitation in patients with mild cognitive impairment. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, *24*(2), 163–168.

- Lacour, M., Bernard-Demanze, L., & Dumitrescu, M. (2008). Posture control, aging, and attention resources: Models and posture-analysis methods. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology*, 38(6), 411–421.
- Lajoie, Y., Teasdale, N., Bard, C., & Fleury, M. (1993). Attentional demands for static and dynamic equilibrium. *Experimental Brain Research*, 97(1), 139–144.
- Lamar, M., Swenson, R., Kaplan, E., & Libon, D. J. (2004). Characterizing alterations in executive functioning across distinct subtypes of cortical and subcortical dementia. *The Clinical Neuropsychologist*, 18(1), 22–31.
- Langa, K. M., & Levine, D. A. (2014). The diagnosis and management of mild cognitive impairment: a clinical review. *JAMA*, 312(23), 2551–2561.
- Lapre, E. (2010). *Maladie d'Alzheimer et thérapies non médicamenteuses: évaluation de la stimulation cognitive et de l'activité physique sur le fonctionnement exécutif* (Thèse de doctorat). Université Bordeaux 2.
- Larson, E. B., Wang, L., Bowen, J. D., McCormick, W. C., Teri, L., Crane, P., & Kukull, W. (2006). Exercise Is Associated with Reduced Risk for Incident Dementia among Persons 65 Years of Age and Older. *Annals of Internal Medicine*, 144(2), 73–81.
- La Rue, A. (2010). Healthy brain aging: role of cognitive reserve, cognitive stimulation, and cognitive exercises. *Clinics in Geriatric Medicine*, 26(1), 99–111.
- Laurin D, Verreault R, Lindsay J, MacPherson K, & Rockwood K. (2001). Physical activity and risk of cognitive impairment and dementia in elderly persons. *Archives of Neurology*, 58(3), 498–504.
- Law, L. L. F., Barnett, F., Yau, M. K., & Gray, M. A. (2014a). Effects of combined cognitive and exercise interventions on cognition in older adults with and without cognitive impairment: A systematic review. *Ageing Research Reviews*, 15, 61–75.
- Law, L. L. F., Barnett, F., Yau, M. K., & Gray, M. A. (2014b). Effects of functional tasks exercise on older adults with cognitive impairment at risk of Alzheimer's disease: a randomised controlled trial. *Age and Ageing*, 43(6), 813–820.
- Lee, H., Boot, W. R., Basak, C., Voss, M. W., Prakash, R. S., Neider, M., ... Kramer, A. F. (2012). Performance gains from directed training do not transfer to untrained tasks. *Acta Psychologica*, 139(1), 146–158.
- Legault, C., Jennings, J. M., Katula, J. A., Dagenbach, D., Gaussoin, S. A., Sink, K. M., ... others. (2011). Designing clinical trials for assessing the effects of cognitive training and physical activity interventions on cognitive outcomes: The Seniors Health and Activity Research Program Pilot (SHARP-P) Study, a randomized controlled trial. *BMC Geriatrics*, 11(1), 27.
- Lemaire, P., & Bherer, L. (2005). *Psychologie du vieillissement: une perspective cognitive*. De Boeck Supérieur.

- Lévy, R. (2006). Cortex préfrontal et fonctions exécutives : Organisation anatomo-fonctionnelle chez le sujet sain et réorganisation chez le patient cérébrolésé. In Pradat-Diehl, P., Azouvi, P., Brun, V. (Eds.). *Fonctions Exécutives et Rééducation*, (pp. 21-34). Masson. Paris.
- Li, H., Li, J., Li, N., Li, B., Wang, P., & Zhou, T. (2011). Cognitive intervention for persons with mild cognitive impairment: A meta-analysis. *Ageing Research Reviews*, *10*(2), 285–296.
- Li, K. Z. H., & Lindenberger, U. (2002). Relations between aging sensory/sensorimotor and cognitive functions. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *26*(7), 777–783.
- Li, K. Z., Lindenberger, U., Freund, A. M., & Baltes, P. B. (2001). Walking while memorizing: age-related differences in compensatory behavior. *Psychological Science*, *12*(3), 230–237.
- Li, K. Z., Roudaia, E., Lussier, M., Bherer, L., Leroux, A., & McKinley, P. A. (2010). Benefits of cognitive dual-task training on balance performance in healthy older adults. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, *65*(12), 1344–1352.
- Linde, K., & Alfermann, D. (2013). Single Versus Combined Cognitive and Physical Activity Effects on Fluid. *Journal of Aging and Physical Activity* Acceptance Date: June 10, 2013 2013 *Human Kinetics, Inc*, 3.
- Lin, M.-R., Hwang, H.-F., Hu, M.-H., Wu, H.-D. I., Wang, Y.-W., & Huang, F.-C. (2004). Psychometric comparisons of the timed up and go, one-leg stand, functional reach, and Tinetti balance measures in community-dwelling older people. *Journal of the American Geriatrics Society*, *52*(8), 1343–1348.
- Li, S.-C., Schmiedek, F., Huxhold, O., Röcke, C., Smith, J., & Lindenberger, U. (2008). Working memory plasticity in old age: Practice gain, transfer, and maintenance. *Psychology and Aging*, *23*(4), 731–742.
- Liu-Ambrose, T. (2010). Resistance Training and Executive Functions: A 12-Month Randomized Controlled Trial. *Archives of Internal Medicine*, *170*(2), 170.
- Logan, J. M., Sanders, A. L., Snyder, A. Z., Morris, J. C., & Buckner, R. L. (2002). Under-recruitment and nonselective recruitment: dissociable neural mechanisms associated with aging. *Neuron*, *33*(5), 827–840.
- Londos, E., Boschian, K., Linden, A., Persson, C., Minthon, L., & Lexell, J. (2008). Effects of a goal-oriented rehabilitation program in mild cognitive impairment: A Pilot Study. *American Journal of Alzheimer's Disease and Other Dementias*, *23*(2), 177–183.
- Lövdén, M., Bäckman, L., Lindenberger, U., Schaefer, S., & Schmiedek, F. (2010). A theoretical framework for the study of adult cognitive plasticity. *Psychological Bulletin*, *136*(4), 659–676.
- Lundin-Olsson, L., Nyberg, L., & Gustafson, Y. (1997). “Stops walking when talking” as a predictor of falls in elderly people. *The Lancet*, *349*(9052), 617.
- Lussier, M., Gagnon, C., & Bherer, L. (2012). An investigation of response and stimulus modality transfer effects after dual-task training in younger and older. *Frontiers in Human Neuroscience*, *6*.

- Lustig, C., Shah, P., Seidler, R., & Reuter-Lorenz, P. A. (2009). Aging, training, and the brain: A review and future directions. *Neuropsychology Review*, *19*(4), 504–522.
- Lyketsos, C. G., Chen, L. S., & Anthony, J. C. (1999). Cognitive decline in adulthood: an 11.5-year follow-up of the Baltimore Epidemiologic Catchment Area study. *The American Journal of Psychiatry*, *156*(1), 58–65.
- Lyketsos CG, Lopez O, Jones B, Fitzpatrick AL, Breitner J, & DeKosky S. (2002). Prevalence of neuropsychiatric symptoms in dementia and mild cognitive impairment: Results from the cardiovascular health study. *JAMA*, *288*(12), 1475–1483.
- Mackinnon, A., Christensen, H., Hofer, S. M., Korten, A. E., & Jorm, A. F. (2003). Use it and still lose it? The association between activity and cognitive performance established using latent growth techniques in a community sample. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, *10*(3), 215–229.
- Mahncke, H. W., Connor, B. B., Appelman, J., Ahsanuddin, O. N., Hardy, J. L., Wood, R. A., ... Merzenich, M. M. (2006). Memory enhancement in healthy older adults using a brain plasticity-based training program: a randomized, controlled study. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *103*(33), 12523–12528.
- Maki, B. E. (1997). Gait changes in older adults: predictors of falls or indicators of fear. *Journal of the American Geriatrics Society*, *45*(3), 313–320.
- Makizako, H., Doi, T., Shimada, H., Yoshida, D., Takayama, Y., & Suzuki, T. (2013). Relationship between dual-task performance and neurocognitive measures in older adults with mild cognitive impairment: Dual-task and neurocognitive measures. *Geriatrics & Gerontology International*, *13*(2), 314–321.
- Makizako, H., Doi, T., Shimada, H., Yoshida, D., Tsutsumimoto, K., Uemura, K., & Suzuki, T. (2012). Does a multicomponent exercise program improve dual-task performance in amnesic mild cognitive impairment? A randomized controlled trial. *Aging Clinical and Experimental Research*, *24*(6), 640–646.
- Maquestiaux, F., Laguë-Beauvais, M., Ruthruff, E., Hartley, A., & Bherer, L. (2010). Learning to bypass the central bottleneck: Declining automaticity with advancing age. *Psychology and Aging*, *25*(1), 177–192.
- Marioni, R. E., Chatfield, M., Brayne, C., Matthews, F. E., & Medical Research Council Cognitive Function and Ageing Study Group. (2011). The reliability of assigning individuals to cognitive states using the Mini Mental-State Examination: a population-based prospective cohort study. *BMC Medical Research Methodology*, *11*, 127.
- Marmeleira, J. F., Godinho, M. B., & Fernandes, O. M. (2009). The effects of an exercise program on several abilities associated with driving performance in older adults. *Accident Analysis & Prevention*, *41*(1), 90–97.

- Martin, M., Clare, L., Altgassen, A. M., Cameron, M. H., & Zehnder, F. (2011). Cognition-based interventions for healthy older people and people with mild cognitive impairment. In The Cochrane Collaboration (Ed.), *Cochrane Database of Systematic Reviews*. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd.
- Maylor, E. A., & Wing, A. M. (1996). Age differences in postural stability are increased by additional cognitive demands. *The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, 51(3), 143–154.
- Mazaheri, M., Roerdink, M., Bood, R. J., Duysens, J., Beek, P. J., & Peper, C. (Lieke) E. (2014). Attentional costs of visually guided walking: Effects of age, executive function and stepping-task demands. *Gait & Posture*, 40(1), 182–186.
- McAuley, E., Kramer, A. F., & Colcombe, S. J. (2004). Cardiovascular fitness and neurocognitive function in older Adults: a brief review. *Brain, Behavior, and Immunity*, 18(3), 214–220.
- McDougall, G. J., Becker, H., Pituch, K., Acee, T. W., Vaughan, P. W., & Delville, C. L. (2010). The seniorWISE study: improving everyday memory in older adults. *Archives of Psychiatric Nursing*, 24(5), 291–306.
- McDowd, J. M., & Shaw, R. J. (2000). Attention and aging: A functional perspective. In F. I. M. Craik & T. A. Salthouse (Eds.), *The handbook of aging and cognition (2nd ed.)* (pp. 221–292). Mahwah, NJ, US: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- McGough, E. L., Kelly, V. E., Logsdon, R. G., McCurry, S. M., Cochrane, B. B., Engel, J. M., & Teri, L. (2011). Associations between physical performance and executive function in older adults with mild cognitive impairment: gait speed and the Timed “Up & Go” test. *Physical Therapy*, 91(8), 1198–1207.
- McKhann, G.M. (2002). Neurology: Then, now, and in the future. *Archives of Neurology*, 59(9), 1369–1373.
- Mehrabian, S., Extra, J., Pino, M., Traykov, L., Rigaud, A.-S., & Wu, Y.-H. (2014). The perceptions of cognitively impaired patients and their caregivers of a home telecare system. *Medical Devices: Evidence and Research*, 21.
- Menant, J. C., Schoene, D., Sarofim, M., & Lord, S. R. (2014). Single and dual task tests of gait speed are equivalent in the prediction of falls in older people: A systematic review and meta-analysis. *Ageing Research Reviews*, 16, 83–104.
- Mercado, E. (2008). Neural and cognitive plasticity: from maps to minds. *Psychological Bulletin*, 134(1), 109–137.
- Meulemans, T., Collette, F., & Van der Linden, M. (2004). *Neuropsychologie des fonctions exécutives*. Solal.
- Mian, O. S., Baltzopoulos, V., Minetti, A. E., & Narici, M. V. (2007). The impact of physical training on locomotor function in older people. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 37(8), 683–701.

- Miller, K. J., Dye, R. V., Kim, J., Jennings, J. L., O'Toole, E., Wong, J., & Siddarth, P. (2013). Effect of a computerized brain exercise program on cognitive performance in older adults. *The American Journal of Geriatric Psychiatry*, *21*(7), 655–663.
- Miller, K. J., Siddarth, P., Gaines, J. M., Parrish, J. M., Ercoli, L. M., Marx, K., ... Small, G. W. (2012). The memory fitness program: cognitive effects of a healthy aging intervention. *The American Journal of Geriatric Psychiatry*, *20*(6), 514–523.
- Mirelman, A., Herman, T., Brozgol, M., Dorfman, M., Sprecher, E., Schweiger, A., ... Hausdorff, J. M. (2012). Executive function and falls in older adults: new findings from a five-year prospective study link fall risk to cognition. *PLoS ONE*, *7*(6), e40297.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “Frontal Lobe” tasks: a latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, *41*(1), 49–100.
- Modrego, P. J., & Ferrández J. (2004). Depression in patients with mild cognitive impairment increases the risk of developing dementia of alzheimer type: A prospective cohort study. *Archives of Neurology*, *61*(8), 1290–1293.
- Montero-Odasso, M., Casas, A., Hansen, K. T., Bilski, P., Gutmanis, I., Wells, J. L., & Borrie, M. J. (2009). Quantitative gait analysis under dual-task in older people with mild cognitive impairment: a reliability study. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, *6*(1), 35.
- Montero-Odasso, M., Muir, S. W., Hall, M., Doherty, T. J., Klooseck, M., Beauchet, O., & Speechley, M. (2011). Gait variability is associated with frailty in community-dwelling older adults. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, *66A*(5), 568–576.
- Montero-Odasso, M., Schapira, M., Soriano, E. R., Varela, M., Kaplan, R., Camera, L. A., & Mayorga, L. M. (2005). Gait velocity as a single predictor of adverse events in healthy seniors aged 75 years and older. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, *60*(10), 1304–1309.
- Montero-Odasso, M., Verghese, J., Beauchet, O., & Hausdorff, J. M. (2012). Gait and Cognition: A Complementary Approach to understanding brain function and the risk of falling. *Journal of the American Geriatrics Society*, *60*(11), 2127-2136.
- Montero-Odasso, M., Wells, J. L., Borrie, M. J., & Speechley, M. (2009). Can cognitive enhancers reduce the risk of falls in older people with Mild Cognitive Impairment? A protocol for a randomised controlled double blind trial. *BMC Neurology*, *9*(1), 42.
- Moreau, D., & Conway, A. R. A. (2014). The case for an ecological approach to cognitive training. *Trends in Cognitive Sciences*, *18*(7), 334–336.
- Moreau, D., Morrison, A. B., & Conway, A. R. A. (2015). An ecological approach to cognitive enhancement: Complex motor training. *Acta Psychologica*, *157*, 44–55.

- Moro, V., Condoleo, M. T., Valbusa, V., Broggio, E., Moretto, G., & Gambina, G. (2015). Cognitive stimulation of executive functions in mild cognitive impairment: specific efficacy and impact in memory. *American Journal of Alzheimer's Disease and Other Dementias*, 30(2), 153–164.
- Mourey, F., & Manckoundia, P. (2009). Les démences: quels troubles de la marche? Quelles perspectives en rééducation? *Kinésithérapie, La Revue*, 9(85), 80.
- Mozolic, J. L., Long, A. B., Morgan, A. R., Rawley-Payne, M., & Laurienti, P. J. (2011). A cognitive training intervention improves modality-specific attention in a randomized controlled trial of healthy older adults. *Neurobiology of Aging*, 32(4), 655–668.
- Muir, S. W., Speechley, M., Wells, J., Borrie, M., Gopaul, K., & Montero-Odasso, M. (2012). Gait assessment in mild cognitive impairment and Alzheimer's disease: The effect of dual-task challenges across the cognitive spectrum. *Gait & Posture*, 35(1), 96–100.
- Nagamatsu, L. S., Handy, T. C., Hsu, C. L., Voss, M., & Liu-Ambrose, T. (2012). Resistance training promotes cognitive and functional brain plasticity in seniors with probable mild cognitive impairment. *Archives of Internal Medicine*, 172(8), 666–668.
- Nasreddine, Z. S., Phillips, N. A., Bédirian, V., Charbonneau, S., Whitehead, V., Collin, I., ... Chertkow, H. (2005). The Montreal Cognitive Assessment, MoCA: a brief screening tool for mild cognitive impairment. *Journal of the American Geriatrics Society*, 53(4), 695–699.
- Newson, R. S., & Kemps, E. B. (2005). General lifestyle activities as a predictor of current cognition and cognitive change in older adults: a cross-sectional and longitudinal examination. *The Journals of Gerontology. Series B, Psychological Sciences and Social Sciences*, 60(3), 113–120.
- Noack, H., Lövdén, M., Schmiedek, F., & Lindenberger, U. (2009). Cognitive plasticity in adulthood and old age: gauging the generality of cognitive intervention effects. *Restorative Neurology and Neuroscience*, 27(5), 435–453.
- Novella, J.-L., Dhaussy, G., Wolak, A., Morrone, I., Drame, M., Blanchard, F., & Jolly, D. (2012). Quality of life in dementia: state of the knowledge. *Gériatrie Et Psychologie Neuropsychiatrie Du Vieillissement*, 10(4), 365–372.
- Nyberg, L., Sandblom, J., Jones, S., Neely, A. S., Petersson, K. M., Ingvar, M., & Bäckman, L. (2003). Neural correlates of training-related memory improvement in adulthood and aging. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100(23), 13728–13733.
- Öhman, H., Savikko, N., Strandberg, T. E., & Pitkälä, K. H. (2014). Effect of physical exercise on cognitive performance in older adults with mild cognitive impairment or dementia: a systematic review. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*, 38(5-6), 347–365.
- Okumiya, K., Matsubayashi, K., Nakamura, T., Fujisawa, M., Osaki, Y., Doi, Y., & Ozawa, T. (1998). The timed “up & go” test is a useful predictor of falls in community-dwelling older people. *Journal of the American Geriatrics Society*, 46(7), 928–930.

- Olazarán, J., Muñoz, R., Reisberg, B., Peña-Casanova, J., del Ser, T., Cruz-Jentoft, A. J., ... Sevilla, C. (2004). Benefits of cognitive-motor intervention in MCI and mild to moderate Alzheimer disease. *Neurology*, *63*(12), 2348–2353.
- Oswald, W. D. (1998). *The SimA Project: Memory Training. A Program for Senior Groups* (2nd Ed.). Hogrefe, Göttingen.
- Oswald, W. D., Gunzelmann, T., Rupprecht, R., & Hagen, B. (2006). Differential effects of single versus combined cognitive and physical training with older adults: the SimA study in a 5-year perspective. *European Journal of Ageing*, *3*(4), 179–192.
- Paillard-Borg, S., Fratiglioni, L., Winblad, B., & Wang, H.-X. (2009). Leisure activities in late Life in relation to dementia risk: principal component analysis. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*, *28*(2), 136–144.
- Palmer, K., Berger, A. K., Monastero, R., Winblad, B., Bäckman, L., & Fratiglioni, L. (2007). Predictors of progression from mild cognitive impairment to Alzheimer disease. *Neurology*, *68*(19), 1596–1602.
- Panza, F., D’Introno, A., Colacicco, A. M., Capurso, C., Del Parigi, A., Caselli, R. J., ... Solfrizzi, V. (2005). Current epidemiology of mild cognitive impairment and other predementia syndromes. *The American Journal of Geriatric Psychiatry*, *13*(8), 633–644.
- Papp, K. V., Walsh, S. J., & Snyder, P. J. (2009). Immediate and delayed effects of cognitive interventions in healthy elderly: a review of current literature and future directions. *Alzheimer’s & Dementia*, *5*(1), 50–60.
- Park, D. C., & Gutchess, A. H. (2002). Aging, cognition, and culture: a neuroscientific perspective. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *26*(7), 859–867.
- Pascual-Leone, A., Amedi, A., Fregni, F., & Merabet, L. B. (2005). The plastic human brain cortex. *Annu. Rev. Neurosci.*, *28*, 377–401.
- Paterson, D. H., Jones, G. R., & Rice, C. L. (2007). Ageing and physical activity: evidence to develop exercise recommendations for older adults. *Canadian Journal of Public Health = Revue Canadienne De Santé Publique*, *98 Suppl 2*, 69–108.
- Pedroso, R. V., Coelho, F. G. de M., Santos-Galduróz, R. F., Costa, J. L. R., Gobbi, S., & Stella, F. (2012). Balance, executive functions and falls in elderly with Alzheimer’s disease (AD): A longitudinal study. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, *54*(2), 348–351.
- Perrochon, A., & Kemoun, G. (2014). The Walking Trail-Making Test is an early detection tool for mild cognitive impairment. *Clinical Interventions in Aging*, *9*, 111–119.
- Perrochon, A., Kemoun, G., & Dugué, B. (2014). Should the concept of MCI be revised in order to improve detection of dementia? *Neurophysiologie Clinique = Clinical Neurophysiology*, *44*(2), 235–237.
- Perrochon, A., Kemoun, G., Watelain, E., & Berthoz, A. (2013). Walking Stroop carpet: an innovative dual-task concept for detecting cognitive impairment. *Clinical Interventions in Aging*, *8*, 317.

- Perrot, A., Gagnon, C., & Bertsch, J. (2009). Physical activity as a moderator of the relationship between aging and inductive reasoning. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 80(2), 393–397.
- Persad, C. C., Jones, J. L., Ashton-Miller, J. A., Alexander, N. B., & Giordani, B. (2008). Executive function and gait in older adults with cognitive impairment. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 63(12), 1350–1355.
- Petersen, R. C. (2004). Mild cognitive impairment as a diagnostic entity. *Journal of Internal Medicine*, 256(3), 183–194.
- Petersen, R. C., Doody, R., Kurz, A., Mohs, R. C., Morris, J. C., Rabins, P. V., ... & Winblad, B. (2001). Current concepts in mild cognitive impairment. *Archives of Neurology*, 58(12), 1985–1992.
- Petersen, R. C., Smith, G.E., Waring, S. C., Ivnik, R.J., Tangalos, E. G., & Kokmen, E. (1999). Mild cognitive impairment: Clinical characterization and outcome. *Archives of Neurology*, 56(3), 303–308.
- Peters, F., Villeneuve, S., & Belleville, S. (2014). Predicting progression to dementia in elderly subjects with mild cognitive impairment using both cognitive and neuroimaging predictors. *Journal of Alzheimer's Disease*, 38(2), 307–318.
- Pettersson, A. F., Olsson, E., & Wahlund, L.-O. (2005). Motor function in subjects with mild cognitive impairment and early Alzheimer's disease. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*, 19(5-6), 299–304.
- Pichierri, G., Murer, K., & de Bruin, E. D. (2012). A cognitive-motor intervention using a dance video game to enhance foot placement accuracy and gait under dual task conditions in older adults: a randomized controlled trial. *BMC Geriatrics*, 12(1), 74.
- Pichierri, G., Wolf, P., Murer, K., & de Bruin, E. D. (2011). Cognitive and cognitive-motor interventions affecting physical functioning: a systematic review. *BMC Geriatrics*, 11(1), 29.
- Pieramico, V., Esposito, R., Cesinaro, S., Frazzini, V., & Sensi, S. L. (2014). Effects of non-pharmacological or pharmacological interventions on cognition and brain plasticity of aging individuals. *Frontiers in Systems Neuroscience*, 8.
- Plassman, B. L., Williams, J. W., Burke, J. R., Holsinger, T., & Benjamin, S. (2010). Systematic review: factors associated with risk for and possible prevention of cognitive decline in later life. *Annals of Internal Medicine*, 153(3), 182–193.
- Pober, D. M., Freedson, P. S., Kline, G. M., McInnis, K. J., & Rippe, J. M. (2002). Development and validation of a one-mile treadmill walk test to predict peak oxygen uptake in healthy adults ages 40 to 79 years. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 27(6), 575–588.
- Podewils, L. J. (2005). Physical activity, APOE genotype, and dementia risk: findings from the cardiovascular health cognition study. *American Journal of Epidemiology*, 161(7), 639–651.

- Podsiadlo, D., & Richardson, S. (1991). The timed “Up & Go”: a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *Journal of the American Geriatrics Society*, 39(2), 142–148.
- Pontifex, M. B., Hillman, C. H., Fernhall, B., Thompson, K. M., & Valentini, T. A. (2009). The effect of acute aerobic and resistance exercise on working memory. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(4), 927–934.
- Ram, N., Rabbitt, P., Stollery, B., & Nesselroade, J. R. (2005). Cognitive performance inconsistency: Intraindividual change and variability. *Psychology and Aging*, 20(4), 623–633.
- Rampazo-Lacativa, M. K., & D’Elboux, M. J. (2015). Effect of cycle ergometer and conventional exercises on rehabilitation of older patients with total hip arthroplasty: study protocol for randomized controlled trial. *Trials*, 16(1), 139.
- Rapp, S., Brenes, G., & Marsh, A. P. (2002). Memory enhancement training for older adults with mild cognitive impairment: a preliminary study. *Aging & Mental Health*, 6(1), 5-11.
- Raz, N. (2000). Aging of the brain and its impact on cognitive performance: Integration of structural and functional findings. In F. I. M. Craik & T. A. Salthouse (Eds.), *The handbook of aging and cognition (2nd ed.)* (pp. 1–90). Mahwah, NJ, US: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Raz, N., Lindenberger, U., Rodrigue, K. M., Kennedy, K. M., Head, D., Williamson, A., ... Acker, J. D. (2005). Regional brain changes in aging healthy adults: general trends, individual differences and modifiers. *Cerebral Cortex*, 15(11), 1676–1689.
- Reid, K. J., Baron, K. G., Lu, B., Naylor, E., Wolfe, L., & Zee, P. C. (2010). Aerobic exercise improves self-reported sleep and quality of life in older adults with insomnia. *Sleep Medicine*, 11(9), 934–940.
- Reijnders, J., van Heugten, C., & van Boxtel, M. (2013). Cognitive interventions in healthy older adults and people with mild cognitive impairment: A systematic review. *Ageing Research Reviews*, 12(1), 263–275.
- Reinvang, I., Grambaite, R., & Espeseth, T. (2012). Executive dysfunction in MCI: subtype or early symptom. *International Journal of Alzheimer’s Disease*, 2012, 1–8.
- Rejeski, W. J., & Mihalko, S. L. (2001). Physical activity and quality of life in older adults. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 56(2), 23–35.
- Renaud, M., & Bherer, L. (2005). Impact on physical fitness on cognitive aging. *Psychologie & Neuropsychiatrie Du Vieillissement*, 3(3), 199–206.
- Renaud, M., Maquestiaux, F., Joncas, S., Kergoat, M.-J., & Bherer, L. (2010). The effect of three months of aerobic training on response preparation in older adults. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 2.
- Repovs, G., & Baddeley, A. (2006). The multi-component model of working memory: explorations in experimental cognitive psychology. *Neuroscience*, 139(1), 5–21.

- Resnick, S. M., Pham, D. L., Kraut, M. A., Zonderman, A. B., & Davatzikos, C. (2003). Longitudinal magnetic resonance imaging studies of older adults: a shrinking brain. *The Journal of Neuroscience*, 23(8), 3295–3301.
- Richmond, L. L., Morrison, A. B., Chein, J. M., & Olson, I. R. (2011). Working memory training and transfer in older adults. *Psychology and Aging*, 26(4), 813–822. h
- Rikli, R. E., & Edwards, D. J. (1991). Effects of a three-year exercise program on motor function and cognitive processing speed in older women. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 62(1), 61–67.
- Riley, M. A., Baker, A. A., & Schmit, J. M. (2003). Inverse relation between postural variability and difficulty of a concurrent short-term memory task. *Brain Research Bulletin*, 62(3), 191–195.
- Rojas, G. J., Villar, V., Iturry, M., Harris, P., Serrano, C. M., Herrera, J. A., & Allegri, R. F. (2013). Efficacy of a cognitive intervention program in patients with mild cognitive impairment. *International Psychogeriatrics*, 25(05), 825–831.
- Rooks, D. S., Kiel, D. P., Parsons, C., & Hayes, W. C. (1997). Self-paced resistance training and walking exercise in community-dwelling older adults: effects on neuromotor performance. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 52A(3), 161–168.
- Rosso, A. L., Studenski, S. A., Chen, W. G., Aizenstein, H. J., Alexander, N. B., Bennett, D. A., ... Rosano, C. (2013). Aging, the central nervous system, and mobility. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 68(11), 1379–1386.
- Rowe, J. W., & Kahn, R. L. (1998). *Successful aging*. New York: Pantheon Books.
- Royall, D. R., Lauterbach, E. C., Kaufer, D., Malloy, P., Coburn, K. L., Black, K. J., & Committee on Research of the American Neuropsychiatric Association. (2007). The cognitive correlates of functional status: a review from the committee on research of the American Neuropsychiatric Association. *The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, 19(3), 249–265.
- Rozencajg, P. (2006). Quelques réflexions sur l'évaluation de l'intelligence générale : un retour à Binet ? *Pratiques Psychologiques*, 12(3), 395–410
- Rozzini, L., Costardi, D., Chilovi, B. V., Franzoni, S., Trabucchi, M., & Padovani, A. (2007). Efficacy of cognitive rehabilitation in patients with mild cognitive impairment treated with cholinesterase inhibitors. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, 22(4), 356–360.
- Ruscheweyh, R., Deppe, M., Lohmann, H., Wersching, H., Korsukewitz, C., Duning, T., ... Knecht, S. (2013). Executive performance is related to regional gray matter volume in healthy older individuals. *Human Brain Mapping*, 34(12), 3333–3346.
- Saczynski, J. S., Rosen, A. B., McCammon, R. J., Zivin, K., Andrade, S. E., Langa, K. M., ... Briesacher, B. A. (2015). Antidepressant use and cognitive decline: the health and retirement study. *The American Journal of Medicine*.

- Salthouse, T. A. (1982). Duration estimates of two information processing components. *Acta Psychologica*, 52(3), 213–226.
- Salthouse, T. A. (2004). Localizing age-related individual differences in a hierarchical structure. *Intelligence*, 32(6).
- Salthouse, T. A. (2006). Mental exercise and mental aging evaluating the validity of the “use it or lose it” hypothesis. *Perspectives on Psychological Science*, 1(1), 68–87.
- Salthouse, T. A., Berish, D. E., & Miles, J. D. (2002). The role of cognitive stimulation on the relations between age and cognitive functioning. *Psychology and Aging*, 17(4), 548–557.
- Scarmeas, N., Levy, G., Tang, M.-X., Manly, J., & Stern, Y. (2001). Influence of leisure activity on the incidence of Alzheimer’s disease. *Neurology*, 57(12), 2236–2242.
- Schaefer, S., & Schumacher, V. (2011). The interplay between cognitive and motor functioning in healthy older adults: findings from dual-task studies and suggestions for intervention. *Gerontology*, 57(3), 239–246.
- Scherder, E. J. A., Van Paasschen, J., Deijen, J.-B., Van Der Knokke, S., Orlebeke, J. F. K., Burgers, I., ... Sergeant, J. A. (2005). Physical activity and executive functions in the elderly with mild cognitive impairment. *Aging & Mental Health*, 9(3), 272–280.
- Schlosser Covell, G. E., Hoffman-Snyder, C. R., Wellik, K. E., Woodruff, B. K., Geda, Y. E., Caselli, R. J., ... Wingerchuk, D. M. (2015). Physical activity level and future risk of mild cognitive impairment or dementia: a critically appraised topic. *The Neurologist*, 19(3), 89–91.
- Schmidt, R. A., & Bjork, R. A. (1992). New conceptualizations of practice: common principles in three paradigms suggest new concepts for training. *Psychological Science*, 3(4), 207–217.
- Schmiedek, F., Lövdén, M., & Lindenberger, U. (2010). Hundred days of cognitive training enhance broad cognitive abilities in adulthood: findings from the COGITO study. *Frontiers in aging neuroscience*, 2.
- Schneider, N., & Yvon, C. (2013). A review of multidomain interventions to support healthy cognitive ageing. *The Journal of Nutrition, Health & Aging*, 17(3), 252–257.
- Schneider, W., Eschman, A., & Zuccolotto, A. (2002). *E-Prime: User's guide*. Psychology Software Incorporated.
- Schooler, C., & Mulatu, M. S. (2001). The reciprocal effects of leisure time activities and intellectual functioning in older people: a longitudinal analysis. *Psychology and Aging*, 16(3), 466–482.
- Schooler, C., Mulatu, M. S., & Oates, G. (1999). The continuing effects of substantively complex work on the intellectual functioning of older workers. *Psychology and Aging*, 14(3), 483–506.
- Schwenk, M., Zieschang, T., Englert, S., Grewal, G., Najafi, B., & Hauer, K. (2014). Improvements in gait characteristics after intensive resistance and functional training in people with dementia: a randomised controlled trial. *BMC Geriatrics*, 14(1), 73.
- Schwenk, M., Zieschang, T., Oster, P., & Hauer, K. (2010). Dual-task performances can be improved in patients with dementia A randomized controlled trial. *Neurology*, 74(24), 1961–1968.

- Seematter-Bagnoud, L. (2004). Les sujets actifs restent plus longtemps autonomes. *Gériatrie Pratique*, 3, 2–6.
- Segev-Jacobovski, O., Herman, T., Yogev-Seligmann, G., Mirelman, A., Giladi, N., & Hausdorff, J. M. (2011). The interplay between gait, falls and cognition: can cognitive therapy reduce fall risk? *Expert Review of Neurotherapeutics*, 11(7), 1057–1075.
- Shallice, T. (1982). Specific impairments of planning. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 298(1089), 199–209.
- Shatil, E. (2013). Does combined cognitive training and physical activity training enhance cognitive abilities more than either alone? A four-condition randomized controlled trial among healthy older adults. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 5.
- Shay, K. A., & Roth, D. L. (1992). Association between aerobic fitness and visuospatial performance in healthy older adults. *Psychology and Aging*, 7(1), 15–24.
- Shephard, R. J. (2009). Maximal oxygen intake and independence in old age. *British Journal of Sports Medicine*, 43(5), 342–346.
- Sheridan, P. L., & Hausdorff, J. M. (2007). The role of higher-level cognitive function in gait: executive dysfunction contributes to fall risk in Alzheimer's disease. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*, 24(2), 125–137.
- Sheridan, P. L., Solomont, J., Kowall, N., & Hausdorff, J. M. (2003). Influence of executive function on locomotor function: divided attention increases gait variability in Alzheimer's disease. *Journal of the American Geriatrics Society*, 51(11), 1633–1637.
- Shimamura, A. P., Berry, J. M., Mangels, J. A., Rusting, C. L., & Jurica, P. J. (1995). Memory and Cognitive Abilities in University Professors: Evidence for Successful Aging. *Psychological Science*, 6(5), 271–277.
- Shumway-Cook, A., Brauer, S., & Woollacott, M. (2000). Predicting the probability for falls in community-dwelling older adults using the Timed Up & Go Test. *Physical Therapy*, 80(9), 896–903.
- Sidney, K. H., & Shephard, R. J. (1976). Attitudes towards health and physical activity in the elderly. Effects of a physical training program. *Medicine and Science in Sports*, 8(4), 253–257.
- Silsupadol, P., Shumway-Cook, A., Lugade, V., van Donkelaar, P., Chou, L.-S., Mayr, U., & Woollacott, M. H. (2009). Effects of single-task versus dual-task training on balance performance in older adults: a double-blind, randomized Controlled Trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 90(3), 381–387.
- Simar, D., & Malatesta, D. (2004). Mesure de l'aptitude physique aérobie chez les sujets âgés. In C. Jeandel, P.L. Bernard, & O. Seynnes (Eds.), *Aptitude physique, Santé et Vieillesse* (pp. 65-71). Montpellier : Sauramps Médical.
- Singer, T., Lindenberger, U., & Baltes, P. B. (2003). Plasticity of memory for new learning in very old age: A story of major loss? *Psychology and Aging*, 18(2), 306–317.

- Sipilä, S., Multanen, J., Kallinen, M., Era, P., & Suominen, H. (1996). Effects of strength and endurance training on isometric muscle strength and walking speed in elderly women. *Acta Physiologica Scandinavica*, *156*(4), 457–464.
- Small, G. W., Silverman, D. H. S., Siddarth, P., Ercoli, L. M., Miller, K. J., Lavretsky, H., ... Phelps, M. E. (2006). Effects of a 14-day healthy longevity lifestyle program on cognition and brain function. *The American Journal of Geriatric Psychiatry: Official Journal of the American Association for Geriatric Psychiatry*, *14*(6), 538–545.
- Smiley-Oyen, A. L., Lowry, K. A., Francois, S. J., Kohut, M. L., & Ekkekakis, P. (2008). Exercise, fitness, and neurocognitive function in older adults: The “selective improvement” and “cardiovascular fitness” hypotheses. *Annals of Behavioral Medicine*, *36*(3), 280–291.
- Smith, G. E., Housen, P., Yaffe, K., Ruff, R., Kennison, R. F., Mahncke, H. W., & Zelinski, E. M. (2009). A cognitive training program based on principles of brain plasticity: results from the Improvement in Memory with Plasticity-based Adaptive Cognitive Training (IMPACT). *Journal of the American Geriatrics Society*, *57*(4), 594–603.
- Smith, P. J., Blumenthal, J. A., Hoffman, B. M., Cooper, H., Strauman, T. A., Welsh-Bohmer, K., ... Sherwood, A. (2010). Aerobic exercise and neurocognitive performance: a meta-analytic review of randomized controlled trials. *Psychosomatic Medicine*, *72*(3), 239–252.
- Smith-Ray, R. L., Hughes, S. L., Prohaska, T. R., Little, D. M., Jurivich, D. A., & Hedeker, D. (2013). Impact of cognitive training on balance and gait in older adults. *The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, gbt097.
- Sofi, F., Valecchi, D., Bacci, D., Abbate, R., Gensini, G. F., Casini, A., & Macchi, C. (2011). Physical activity and risk of cognitive decline: a meta-analysis of prospective studies. *Journal of Internal Medicine*, *269*(1), 107–117.
- Sorenson, H. (1933). Mental ability over a wide range of adult ages. *Journal of Applied Psychology*, *17*(6), 729–741.
- Soubelet, A. (2009). Le vieillissement cognitif et l’hypothèse de l’exercice mental révisée. *Psychologie Française*, *54*(4), 363–378.
- Spiriduso, W. W. (1975). Reaction and movement time as a function of age and physical activity level. *Journal of Gerontology*, *30*(4), 435–440.
- Spiriduso, W. W., & Clifford, P. (1978). Replication of age and physical activity effects on reaction and movement time. *Journal of Gerontology*, *33*(1), 26–30.
- Spiriduso, W. W., Francis, K. L., & MacRae, P. G. (2005). Health, exercise and cognitive function. *Physical dimensions of aging. 2nd ed. Champaign, IL: Human Kinetics*, 211-232.
- Springer, S., Giladi, N., Peretz, C., Yogev, G., Simon, E. S., & Hausdorff, J. M. (2006). Dual-tasking effects on gait variability: The role of aging, falls, and executive function. *Movement Disorders*, *21*(7), 950–957.

- Steinmetz, J.-P., & Federspiel, C. (2014). The effects of cognitive training on gait speed and stride variability in old adults: findings from a pilot study. *Aging Clinical and Experimental Research*, 26(6), 635–643.
- Stern, Y. (2002). What is cognitive reserve? Theory and research application of the reserve concept. *Journal of the International Neuropsychological Society: JINS*, 8(3), 448–460.
- Stern, Y. (2006). Cognitive reserve and Alzheimer disease. *Alzheimer Disease & Associated Disorders*, 20(2), 112–117.
- Studenski, S., Perera, S., Patel, K., Rosano, C., Faulkner, K., Inzitari, M., ... others. (2011). Gait speed and survival in older adults. *Jama*, 305(1), 50–58.
- Studenski, S., Perera, S., Wallace, D., Chandler, J. M., Duncan, P. W., Rooney, E., ... Guralnik, J. M. (2003). Physical performance measures in the clinical setting. *Journal of the American Geriatrics Society*, 51(3), 314–322.
- Sugano, K., Yokogawa, M., Yuki, S., Dohmoto, C., Yoshita, M., Hamaguchi, T., ... Yamada, M. (2012). Effect of cognitive and aerobic training intervention on older adults with mild or no cognitive impairment: a derivative study of the nakajima project. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders Extra*, 2(1), 69–80.
- Suzuki, T., Shimada, H., Makizako, H., Doi, T., Yoshida, D., Tsutsumimoto, K., ... Park, H. (2012). Effects of multicomponent exercise on cognitive function in older adults with amnesic mild cognitive impairment: a randomized controlled trial. *BMC Neurology*, 12(1), 128.
- Tabbarah, M., Crimmins, E. M., & Seeman, T. E. (2002). The relationship between cognitive and physical performance: MacArthur studies of successful Aging. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 57(4), 228–235.
- Tabert, M. H., Manly, J. J., Liu, X., Pelton, G. H., Rosenblum, S., Jacobs, M., ... & Devanand, D. P. (2006). Neuropsychological prediction of conversion to Alzheimer disease in patients with mild cognitive impairment. *Archives of General Psychiatry*, 63(8), 916–924.
- Taconnat, L., & Lemaire, P. (2014). Fonctions exécutives, vieillissement cognitif et variations stratégiques. *Psychologie Française*, 59(1), 89–100.
- Talassi, E., Guerreschi, M., Feriani, M., Fedi, V., Bianchetti, A., & Trabucchi, M. (2007). Effectiveness of a cognitive rehabilitation program in mild dementia (MD) and mild cognitive impairment (MCI): a case control study. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 44 Suppl 1, 391–399.
- Tappen, R. M., Roach, K. E., Applegate, E. B., & Stowell, P. (2000). Effect of a combined walking and conversation intervention on functional mobility of nursing home residents with Alzheimer disease. *Alzheimer Disease and Associated Disorders*, 14(4), 196.
- Tardif, S., & Simard, M. (2011). Cognitive stimulation programs in healthy elderly: a review. *International Journal of Alzheimer's Disease*, 2011, 1–13.

- Tarpin-Bernard, F., Croisile, B., Bélier, S., Allain, G., & Noir, M. (2007). Amélioration des performances cognitives chez 85 abonnées assidues d'un site Internet d'entraînement cognitif. *Revue neurologique*, *163*(11, 2), 4S131.
- Taylor, M. E., Delbaere, K., Mikolaizak, A. S., Lord, S. R., & Close, J. C. T. (2013). Gait parameter risk factors for falls under simple and dual task conditions in cognitively impaired older people. *Gait & Posture*, *37*(1), 126–130.
- Teixeira, C. V. L., Gobbi, L. T. B., Corazza, D. I., Stella, F., Costa, J. L. R., & Gobbi, S. (2012). Non-pharmacological interventions on cognitive functions in older people with mild cognitive impairment (MCI). *Archives of Gerontology and Geriatrics*, *54*(1), 175–180.
- Teng, E., Tassniyom, K., & Lu, P. H. (2012). Reduced quality-of-life ratings in mild cognitive impairment: analyses of subject and informant responses. *The American Journal of Geriatric Psychiatry*, *20*(12), 1016–1025.
- Theill, N., Martin, M., Schumacher, V., Bridenbaugh, S. A., & Kressig, R. W. (2011). Simultaneously measuring gait and cognitive performance in cognitively healthy and cognitively impaired older adults: the basel motor-cognition dual-task paradigm. *Journal of the American Geriatrics Society*, *59*(6), 1012–1018.
- Theill, N., Schumacher, V., Adelsberger, R., Martin, M., & Jäncke, L. (2013). Effects of simultaneously performed cognitive and physical training in older adults. *BMC Neuroscience*, *14*(1), 103.
- Thoma, P., Zalewski, I., von Reventlow, H. G., Norra, C., Juckel, G., & Daum, I. (2011). Cognitive and affective empathy in depression linked to executive control. *Psychiatry Research*, *189*(3), 373–378.
- Tombaugh, T. (2004). Trail Making Test A and B: Normative data stratified by age and education. *Archives of Clinical Neuropsychology*, *19*(2), 203–214.
- Toulotte, C., Thevenon, A., Watelain, E., & Fabre, C. (2006). Identification of healthy elderly fallers and non-fallers by gait analysis under dual-task conditions. *Clinical Rehabilitation*, *20*(3), 269–276.
- Trombetti, A., Hars, M., Herrmann, F. R., Kressig, R. W., Ferrari, S., & Rizzoli, R. (2011). Effect of music-based multitask training on gait, balance, and fall risk in elderly people: a randomized controlled trial. *Archives of Internal Medicine*, *171*(6).
- Troyer, A. K., Murphy, K. J., Anderson, N. D., Moscovitch, M., & Craik, F. I. M. (2008). Changing everyday memory behaviour in amnesic mild cognitive impairment: A randomised controlled trial. *Neuropsychological Rehabilitation*, *18*(1), 65–88.
- Tsai, J. C., Chan, P., Wang, C. H., Jeng, C., Hsieh, M. H., Kao, P. F., ... Liu, J. C. (2002). The effects of exercise training on walking function and perception of health status in elderly patients with peripheral arterial occlusive disease. *Journal of Internal Medicine*, *252*(5), 448–455.

- Tseng, B. Y., Cullum, C. M., & Zhang, R. (2014). Older adults with amnesic mild cognitive impairment exhibit exacerbated gait slowing under dual-task challenges. *Current Alzheimer Research, 11*(5), 494.
- Tsourlou, T., Benik, A., Dipla, K., Zafeiridis, A., & Kellis, S. (2006). The effects of a twenty-four-week aquatic training program on muscular strength performance in healthy elderly women. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association, 20*(4), 811–818.
- Unverzagt, F. W., Kasten, L., Johnson, K. E., Rebok, G. W., Marsiske, M., Koepke, K. M., ... Tennstedt, S. L. (2007). Effect of memory impairment on training outcomes in ACTIVE. *Journal of the International Neuropsychological Society, 13*(06).
- Vaillant, J., Vuillerme, N., Martigné, P., Caillat-Miousse, J.-L., Parisot, J., Nougier, V., & Juvin, R. (2006). Balance, aging, and osteoporosis: effects of cognitive exercises combined with physiotherapy. *Joint Bone Spine, 73*(4), 414–418.
- Valentijn, S. A. M., van Hooren, S. A. H., Bosma, H., Touw, D. M., Jolles, J., van Boxtel, M., & Ponds, R. (2005). The effect of two types of memory training on subjective and objective memory performance in healthy individuals aged 55 years and older: a randomized controlled trial. *Patient Education and Counseling, 57*(1), 106–114.
- Van der Linden, M. (1997). Revue critique de l'ouvrage de D.H. Kausler (1994), Learning and memory in normal aging, Academic Press. *L'Année Psychologique, 97*, 365-366.
- Van der Mussele, S., Bekelaar, K., Le Bastard, N., Vermeiren, Y., Saelens, J., Somers, N., ... Engelborghs, S. (2013). Prevalence and associated behavioral symptoms of depression in mild cognitive impairment and dementia due to Alzheimer's disease. *International Journal of Geriatric Psychiatry, 28*(9), 947–958.
- Van Iersel, M. B., Kessels, R. P., Bloem, B. R., Verbeek, A. L., & Rikkert, M. G. O. (2008). Executive functions are associated with gait and balance in community-living elderly people. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences, 63*(12), 1344–1349.
- Van Praag, H., Christie, B. R., Sejnowski, T. J., & Gage, F. H. (1999). Running enhances neurogenesis, learning, and long-term potentiation in mice. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 96*(23), 13427–13431.
- Vaynman, S., & Gomez-Pinilla, F. (2005). License to run: exercise impacts functional plasticity in the intact and injured central nervous system by using neurotrophins. *Neurorehabilitation and Neural Repair, 19*(4), 283–295.
- Verghese, J., Annweiler, C., Ayers, E., Barzilai, N., Beauchet, O., Bennett, D. A., ... Wang, C. (2014). Motoric cognitive risk syndrome. *Neurology, 83*(8), 718–726.

- Verghese, J., Lipton, R. B., Katz, M. J., Hall, C. B., Derby, C. A., Kuslansky, G., ... Buschke, H. (2003). Leisure activities and the risk of dementia in the elderly. *New England Journal of Medicine*, 348(25), 2508–2516.
- Verghese, J., Mahoney, J., Ambrose, A. F., Wang, C., & Holtzer, R. (2010). Effect of cognitive remediation on gait in sedentary seniors. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 65A(12), 1338–1343.
- Verghese, J., Robbins, M., Holtzer, R., Zimmerman, M., Wang, C., Xue, X., & Lipton, R. B. (2008). Gait dysfunction in mild cognitive impairment syndromes. *Journal of the American Geriatrics Society*, 56(7), 1244–1251.
- Verghese, J., Wang, C., & Holtzer, R. (2011). Relationship of clinic-based gait speed measurement to limitations in community-based activities in older adults. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 92(5), 844–846.
- Verghese, J., Wang, C., Lipton, R. B., & Holtzer, R. (2013). Motoric Cognitive Risk syndrome and the risk of dementia. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 68(4), 412–418.
- Verghese, J., Wang, C., Lipton, R. B., Holtzer, R., & Xue, X. (2007). Quantitative gait dysfunction and risk of cognitive decline and dementia. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 78(9), 929–935.
- Verhaeghen, P., & Cerella, J. (2002). Aging, executive control, and attention: a review of meta-analyses. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 26(7), 849–857.
- Verhaeghen, P., Marcoen, A., & Goossens, L. (1992). Improving memory performance in the aged through mnemonic training: a meta-analytic study. *Psychology and Aging*, 7(2), 242.
- Verhaeghen, P., Steitz, D. W., Sliwinski, M. J., & Cerella, J. (2003). Aging and dual-task performance: A meta-analysis. *Psychology and Aging*, 18(3), 443–460.
- Viccaro, L. J., Perera, S., & Studenski, S. A. (2011). Is Timed Up and Go better than gait speed in predicting health, function, and falls in older adults? *Journal of the American Geriatrics Society*, 59(5), 887–892.
- Von Bastian, C. C., & Oberauer, K. (2014). Effects and mechanisms of working memory training: a review. *Psychological Research*, 78(6), 803–820.
- Voss. (2010). Plasticity of brain networks in a randomized intervention trial of exercise training in older adults. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 2.
- Voss, M. W., Prakash, R. S., Erickson, K. I., Boot, W. R., Basak, C., Neider, M. B., ... Kramer, A. F. (2012). Effects of training strategies implemented in a complex videogame on functional connectivity of attentional networks. *NeuroImage*, 59(1), 138–148.
- Vuillerme, N., & Nougier, V. (2004). Attentional demand for regulating postural sway: the effect of expertise in gymnastics. *Brain Research Bulletin*, 63(2), 161–165.

- Wadley, V. G., Okonkwo, O., Crowe, M., & Ross-Meadows, L. A. (2008). Mild Cognitive Impairment and everyday function: evidence of reduced speed in performing Instrumental Activities of Daily Living. *The American Journal of Geriatric Psychiatry*, 16(5), 416–424.
- Waite, L. M., Grayson, D. A., Piguet, O., Creasey, H., Bennett, H. P., & Broe, G. A. (2005). Gait slowing as a predictor of incident dementia: 6-year longitudinal data from the Sydney Older Persons Study. *Journal of the Neurological Sciences*, 229-230, 89–93.
- Wang, C., Yu, J.-T., Wang, H.-F., Tan, C.-C., Meng, X.-F., & Tan, L. (2014). Non-pharmacological interventions for patients with mild cognitive impairment: a meta-analysis of randomized controlled trials of cognition-based and exercise interventions. *Journal of Alzheimer's Disease: JAD*, 42(2), 663–678.
- Wang, H.-X., Jin, Y., Hendrie, H. C., Liang, C., Yang, L., Cheng, Y., ... Gao, S. (2013). Late life leisure activities and risk of cognitive decline. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 68(2), 205–213.
- Wang, H.-X., Xu, W., & Pei, J.-J. (2012). Leisure activities, cognition and dementia. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Molecular Basis of Disease*, 1822(3), 482–491.
- Wechsler, D. (1997b). *Wechsler Memory Scale – 3rd Edition (WMS-III)*. San Antonio, TX: Psychological Corporation.
- Wechsler, D. (1999). *Wechsler Abbreviated Scale of Intelligence (WASI)*. San Antonio, TX: Harcourt Assessment.
- Wenisch, E., Cantegreil-Kallen, I., De Rotrou, J., Garrigue, P., Moulin, F., Batouche, F., ... Rigaud, A. S. (2007). Cognitive stimulation intervention for elders with mild cognitive impairment compared with normal aged subjects: preliminary results. *Aging Clinical and Experimental Research*, 19(4), 316–322.
- West, R. L. (1996). An application of prefrontal cortex function theory to cognitive aging. *Psychological Bulletin*, 120(2), 272–292.
- Weuve, J., Kang, J. H., Manson, J. E., Breteler, M. M., Ware, J. H., & Grodstein, F. (2004). Physical activity, including walking, and cognitive function in older women. *Jama*, 292(12), 1454–1461.
- Willis, S. L., & Schaie, K. W. (2009). Cognitive training and plasticity: theoretical perspective and methodological consequences. *Restorative Neurology and Neuroscience*, 27(5), 375–389.
- Willis, S. L., Tennstedt, S. L., Marsiske, M., Ball, K., Elias, J., Koepke, K. M., ... ACTIVE Study Group, for the. (2006). Long-term effects of cognitive training on everyday functional outcomes in older adults. *JAMA*, 296(23), 2805.
- Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (2002). *Physiologie du sport et de l'exercice : adaptations physiologiques à l'exercice physique*. De Boeck Supérieur.

- Wilson, R. S., Barnes, L., & Bennett, D. A. (2003). Assessment of lifetime participation in cognitively stimulating activities. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 25(5), 634–642.
- Wilson, R. S., Bennett, D. A., Bienias, J. L., Aggarwal, N. T., De Leon, C. M., Morris, M. C., ... Evans, D. A. (2002). Cognitive activity and incident AD in a population-based sample of older persons. *Neurology*, 59(12), 1910–1914.
- Wilson, R. S., De Leon, C. M., Bennett, D. A., Bienias, J. L., & Evans, D. A. (2004). Depressive symptoms and cognitive decline in a community population of older persons. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 75(1), 126–129.
- Winblad, B., Gauthier, S., Scinto, L., Feldman, H., Wilcock, G. K., Truyen, L., ... GAL-INT-11/18 Study Group. (2008). Safety and efficacy of galantamine in subjects with mild cognitive impairment. *Neurology*, 70(22), 2024–2035.
- Winblad, B., Palmer, K., Kivipelto, M., Jelic, V., Fratiglioni, L., Wahlund, L.-O., ... others. (2004). Mild cognitive impairment—beyond controversies, towards a consensus: report of the International Working Group on Mild Cognitive Impairment. *Journal of Internal Medicine*, 256(3), 240–246.
- Wollesen, B., & Voelcker-Rehage, C. (2014). Training effects on motor–cognitive dual-task performance in older adults: A systematic review. *European Review of Aging and Physical Activity*, 11(1), 5–24.
- Woods, B., Aguirre, E., Spector, A. E., & Orrell, M. (2012). Cognitive stimulation to improve cognitive functioning in people with dementia. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2, CD005562.
- Woollacott, M., & Shumway-Cook, A. (2002). Attention and the control of posture and gait: a review of an emerging area of research. *Gait & Posture*, 16(1), 1–14.
- Wu, Y.-H., Cristancho-Lacroix, V., Fassert, C., Faucounau, V., de Rotrou, J., & Rigaud, A.-S. (2014). The attitudes and perceptions of older adults with Mild Cognitive Impairment toward an assistive robot. *Journal of Applied Gerontology: The Official Journal of the Southern Gerontological Society* 20(10), 1–15
- Wu, Y.-H., Wrobel, J., Cornuet, M., Kerhervé, H., Damnée, S., & Rigaud, A.-S. (2014). Acceptance of an assistive robot in older adults: a mixed-method study of human–robot interaction over a 1-month period in the Living Lab setting. *Clinical Interventions in Aging*, 801.
- Yaffe, K., Barnes, D., Nevitt, M., Lui, L. Y., & Covinsky, K. (2001). A prospective study of physical activity and cognitive decline in elderly women: women who walk. *Archives of Internal Medicine*, 161(14), 1703–1708.
- Yardley, L. (2005). Development and initial validation of the falls efficacy scale-international (FES-I). *Age and Ageing*, 34(6), 614–619.

- Yesavage, J. A., Brink, T. L., Rose, T. L., Lum, O., Huang, V., Adey, M., & Leirer, V. O. (1982). Development and validation of a geriatric depression screening scale: a preliminary report. *Journal of Psychiatric Research, 17*(1), 37–49.
- Yogev-Seligmann, G., Giladi, N., Brozgov, M., & Hausdorff, J. M. (2012). A training program to improve gait while dual tasking in patients with parkinson's disease: A Pilot Study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 93*(1), 176–181.
- Yogev-Seligmann, G., Hausdorff, J. M., & Giladi, N. (2008). The role of executive function and attention in gait. *Movement Disorders, 23*(3), 329–342.
- Yoon, J., Lee, S., Lim, H., Kim, T., Jeon, J., & Mun, M. (2013). The effects of cognitive activity combined with active extremity exercise on balance, walking activity, memory level and quality of life of an older adult sample with dementia. *Journal of Physical Therapy Science, 25*(12), 1601–1604.
- You, J. H., Shetty, A., Jones, T., Shields, K., Belay, Y., & Brown, D. (2009). Effects of dual-task cognitive-gait intervention on memory and gait dynamics in older adults with a history of falls: a preliminary investigation. *NeuroRehabilitation, 24*(2), 193–198.
- Zehnder, F., Martin, M., Altgassen, M., & Clare, L. (2009). Memory training effects in old age as markers of plasticity: a meta-analysis. *Restorative Neurology and Neuroscience, 27*(5), 507–520.
- Zhou, S., Fan, J., Lee, T. M. C., Wang, C., & Wang, K. (2011). Age-related differences in attentional networks of alerting and executive control in young, middle-aged, and older Chinese adults. *Brain and Cognition, 75*(2), 205–210.
- Zöllig, J., & Eschen, A. (2009). Measuring compensation and its plasticity across the lifespan. *Restorative Neurology and Neuroscience, 27*(5), 421–433.

ANNEXES

Jeux cognitifs choisis et leurs principales fonctions travaillées

Nom des jeux	Attention	Inhibition	Raisonnement	Flexibilité	Mise à jour	Mémoire de travail
Broderies / Mettez de l'ordre dans ces comptes	X		X			
Videz votre sac / Tuyau d'arrosage / Changer moi de place / Trieur en série / Le code de la route / Écrire dans les étoiles	X		X			X
Mots coupés / Déchiffrement	X		X	X		
Tiroirs secrets	X		X	X	X	X
Memory / Combien ? / Attention, concentrez vous! / Comparaison des caractères / Mots où êtes vous ? / Mémoire d'éléphants	X					X
L'intrus / Cherchez l'intrus / Point commun / Menez l'enquête	X	X	X			
Rebus / Gulf stream / A vous de compter / Vive l'alternance / Formes et couleurs / On se connaît ? / Rangements	X			X		X
Que d'accros dans cette histoire	X	X	X	X	X	
Haute Tension	X					
Jeux de Blasons	X	X				X
Le tour du monde en 80 voyages	X				X	X
Garçon svp ?	X	X		X	X	X

Comparaisons des scores de progrès du groupe AP et EC versus C sur l'ensemble des variables

Variables exécutives	AP * C			EC * C		
	<i>t</i>	<i>p</i> ≤	<i>d</i>	<i>t</i>	<i>p</i> ≤	<i>d</i>
Bref (nombre)	2.04	0.05	0.74	2.55	0.05	0.93
Wasi (nombre)	3.52	0.001	1.25	2.52	0.05	0.92
Stroop : inhibition (nombre)	/	ns	/	/	ns	/
Stroop : flexibilité (nombre)	/	ns	/	/	ns	/
TMT B (sec)	/	ns	/	2.18	0.05	0.80
Digit Span Forward (empan)	/	ns	/	2.07	0.05	0.76
Digit Span Backward (empan)	/	ns	/	/	ns	/
Séquence lettre chiffre (empan)	3.28	0.01	1.17	2.97	0.01	1.09
Variable cardiorespiratoire						
VO ₂ max	2.86	0.01	1.02	/	ns	/
Variables psychologiques						
FES	/	ns	/	/	ns	/
SF36 Santé globale	/	ns	/	/	ns	/
SF36 Fonctionnement physique	2.31	0.05	0.82	2.34	0.05	0.86
SF36 Fonctionnement social	3.15	0.01	1.12	4.31	0.001	1.58
SF36 Bien être émotionnel	/	ns	/	/	ns	/
SF36 Vitalité	/	ns	/	/	ns	/
SF36 Douleur	/	ns	/	/	ns	/
SF36 Limites physiques	/	ns	/	/	ns	/
SF36 Limites émotionnelles	/	ns	/	/	ns	/
Variables motrices						
TUG (sec)	/	ns	/	/	ns	/
Vitesse simple tâche (cm/s)	3.18	0.01	1.13	2.54	0.05	0.93
Vitesse DT CM (cm/s)	/	ns	/	/	ns	/
Vitesse DT Stroop oral (cm/s)	2.52	0.05	0.90	2.39	0.05	0.87
Vitesse WSC nb (cm/s)	/	ns	/	/	ns	/
Vitesse WSC lec (cm/s)	/	ns	/	/	ns	/
Vitesse WSC clr (cm/s)	/	ns	/	/	ns	/
Vitesse WTMT N (cm/s)	/	ns	/	/	ns	/
Vitesse WTMT A (cm/s)	/	ns	/	/	ns	/
Vitesse WTMT B (cm/s)	/	ns	/	/	ns	/

Note. / = pas d'effet.

Tableaux des moyennes Pré, Post et P6-tests de l'échantillon inclus à six mois sur l'ensemble des variables

	AP			EC			APEC		
	Pré test	Post test	P6 test	Pré test	Post test	P6 test	Pré test	Post test	P6 test
	<i>M ± ET</i>								
<i>Variables exécutives</i>									
Bref (nombre)	16.5 ± 1.7	17.1 ± 0.9	17.2 ± 0.7	15.5 ± 1.5	16.7 ± 1.5	16.1 ± 1.3	16.3 ± 1.6	17.0 ± 1.0	16.5 ± 1.6
Wasi (nombre)	12.2 ± 5.8	18.1 ± 5.5	15.9 ± 5.2	10.6 ± 7.1	14.4 ± 6.4	13.6 ± 7.4	12.3 ± 6.6	16.7 ± 7.4	14.2 ± 6.3
Stroop : inhibition (nombre)	33.8 ± 5.8	37.4 ± 7.6	37.1 ± 7.9	27.8 ± 7.3	30.6 ± 6.3	29.4 ± 7.8	28.8 ± 8.1	32.1 ± 8.7	32.4 ± 8.7
Stroop : flexibilité (nombre)	29.8 ± 6.5	31.9 ± 5.9	31.4 ± 5.9	26.2 ± 8.3	25.1 ± 8.9	27.2 ± 6.7	26.5 ± 7.0	29.1 ± 7.4	27.9 ± 7.1
TMT B (sec)	119.1 ± 63.7	99.3 ± 66.2	90.7 ± 59.7	146.8 ± 67.5	115.1 ± 58.4	114.0 ± 45.9	128.7 ± 56.5	90.3 ± 46.8	109.4 ± 79.7
Digit Span Forward (empan)	5.4 ± 1.0	6.1 ± 0.8	6.0 ± 0.9	5.3 ± 0.9	6.1 ± 1.0	5.7 ± 0.8	5.5 ± 0.9	6.2 ± 1.1	6.3 ± 1.1
Digit Span Backward (empan)	4.4 ± 0.9	4.9 ± 1.2	5.1 ± 1.5	3.9 ± 0.6	4.5 ± 0.9	4.6 ± 1.1	4.1 ± 1.2	4.9 ± 1.1	4.7 ± 1.0
Séquence lettre chiffre (empan)	4.9 ± 0.8	5.8 ± 0.9	5.6 ± 0.9	4.7 ± 1.1	5.5 ± 1.1	5.3 ± 0.8	4.9 ± 0.8	5.3 ± 0.9	4.9 ± 1.1
<i>Variable cardiorespiratoire</i>									
VO ₂ max	21.3 ± 5.5	22.7 ± 5.8	22.2 ± 5.4	23.2 ± 8.2	23.3 ± 8.4	23.0 ± 8.4	23.3 ± 6.4	24.9 ± 6.7	24.2 ± 6.7

Note. M = Moyenne. ET = Ecart type.

Annexe 3

<i>Variables psychologiques</i>	AP			EC			APEC		
	Pré test	Post test	P6 test	Pré test	Post test	P6 test	Pré test	Post test	P6 test
	<i>M ± ET</i>								
FES	19.7 ± 3.8	18.8 ± 3.1	21.4 ± 5.6	22.4 ± 7.1	22.7 ± 7.3	20.9 ± 4.8	23.0 ± 4.9	20.5 ± 4.0	21.2 ± 4.7
SF36 Santé globale	61.0 ± 9.0	64.9 ± 10.3	65.2 ± 8.6	59.9 ± 15.9	62.8 ± 15.0	59.2 ± 20.0	52.9 ± 17.7	60.0 ± 17.7	58.1 ± 19.9
SF36 fonctionnement physique	81.5 ± 8.5	81.9 ± 10.3	82.4 ± 5	78.4 ± 22.2	79.6 ± 21.8	83.2 ± 21.2	78.9 ± 19.7	77.5 ± 20.8	73.4 ± 20.0
SF36 fonctionnement social	84.5 ± 18.8	95.2 ± 6.8	90.1 ± 20.3	71.9 ± 17.9	87.7 ± 10.60	79.0 ± 15.2	71.2 ± 24.6	78.2 ± 22.0	78.8 ± 23.6
SF36 bien être émotionnel	62.3 ± 14.6	69.8 ± 14.6	68.9 ± 12.4	67.5 ± 12.8	67.5 ± 17.3	67.9 ± 16.1	61.4 ± 19.0	67.8 ± 18.4	64.7 ± 19.7
SF36 vitalité	55.7 ± 12.6	59.4 ± 13.6	58.5 ± 13.1	56.7 ± 15.4	57.6 ± 19.5	57.1 ± 16.6	51.7 ± 17.7	56.3 ± 16.6	55.6 ± 21.5
SF36 douleur	71.4 ± 16.8	82.5 ± 17.1	68.8 ± 22.2	67.2 ± 24.2	74.5 ± 29.8	77.2 ± 22.1	63.9 ± 26.6	84.1 ± 16.5	74.6 ± 24.1
SF36 limites physiques	61.6 ± 20.9	53.6 ± 33.8	55.4 ± 36.9	55.4 ± 32.8	57.1 ± 35.9	60.7 ± 33.6	43.5 ± 34.3	52.5 ± 36.2	52.6 ± 35.3
SF36 limites émotionnelles	63.5 ± 27.1	81.0 ± 28.4	79.8 ± 30.8	66.2 ± 29.3	66.7 ± 41.3	71.4 ± 25.7	51.1 ± 42.4	70.0 ± 38.8	57.9 ± 40.2

Note. M = Moyenne. ET = Ecart type. FES = Fall Efficacy Scale. SF 36= Short Form Health Survey.

Annexe 3

<i>Variables motrices</i>	AP			EC			APEC		
	Pré test	Post test	P6 test	Pré test	Post test	P6 test	Pré test	Post test	P6 test
	<i>M ± ET</i>								
TUG (sec)	9.9 ± 2.0	8.9 ± 1.4	9.3 ± 1.6	10.2 ± 2.6	9.7 ± 3.0	10.2 ± 1.9	13.0 ± 2.09	9.9 ± 1.2	10.5 ± 1.6
Vitesse simple tâche (cm/s)	117.2 ± 20.3	120.1 ± 20.1	117.6 ± 19.8	113.2 ± 17.0	116.0 ± 22.6	114.1 ± 24.7	102.6 ± 12.9	114.6 ± 16.4	106.6 ± 17.2
Vitesse WSC nb (cm/s)	32.5 ± 5.7	34.1 ± 5.4	35.6 ± 6.1	28.4 ± 7.3	29.4 ± 6.7	28.9 ± 7.2	27.8 ± 8.1	32.7 ± 7.1	33.6 ± 9.2
Vitesse WSC lec (cm/s)	33.7 ± 7.1	34.5 ± 6.2	36.4 ± 8.2	28.4 ± 6.1	29.7 ± 8.1	28.2 ± 7.3	33.1 ± 10.3	35.9 ± 7.8	34.5 ± 8.1
Vitesse WSC clr (cm/s)	43.1 ± 13.9	45.4 ± 13.0	42.0 ± 13.9	35.6 ± 11.4	38.3 ± 14.2	34.2 ± 12.8	34.4 ± 13.8	41.5 ± 15.6	39.4 ± 16.8
Vitesse WTMT N (cm/s)	43.9 ± 6.5	47.8 ± 8.8	46.4 ± 9.8	43.2 ± 8.1	44.4 ± 9.2	42.7 ± 8.6	38.6 ± 6.6	44.1 ± 7.3	41.4 ± 6.7
Vitesse WTMT A (cm/s)	32.7 ± 6.2	33.4 ± 8.1	34.3 ± 8.9	31.1 ± 8.6	32.7 ± 7.4	32.0 ± 5.9	30.1 ± 10.4	33.4 ± 8.1	32.9 ± 7.6
Vitesse WTMT B (cm/s)	17.2 ± 5.4	20.7 ± 6.5	20.1 ± 6.7	14.1 ± 4.9	14.8 ± 3.9	14.6 ± 5.1	15.8 ± 5.3	17.0 ± 7.2	18.4 ± 7.5
Vitesse DT CM (cm/s)	30.9 ± 23.3	40.2 ± 24.2	40.4 ± 25.8	24.6 ± 17.5	26.0 ± 18.8	19.1 ± 16.5	29.8 ± 15.5	38.8 ± 21.0	37.7 ± 20.1
Vitesse DT Stroop oral (cm/s)	72.3 ± 20.9	82.6 ± 20.3	74.8 ± 21.4	51.2 ± 14.4	69.1 ± 22.3	54.3 ± 19.5	60.6 ± 15.1	68.3 ± 17.4	67.7 ± 17.4

M = Moyenne. ET = Ecart type. TUG = Timed up and Go test. WSC nb = Walking Stroop Carpet condition noir et blanc. WSC lec = Walking Note. Stroop Carpet condition lecture. WSC clr = Walking Stroop Carpet condition couleur. WTMT N = Walking Trail Making Test condition Neutre. WTMT A = Walking Trail Making test condition A. WTMT B = Walking Trail Making Test condition B. DT = Double Tâche. CM = Calcul Mental.

Résumé

Les personnes atteintes de troubles cognitifs légers (i.e., Mild Cognitive Impairment, MCI) souffrent d'un déclin cognitif, pouvant engendrer des troubles exécutifs et fonctionnels, pénalisants dans leurs activités de la vie quotidienne. Face à ces déficits, plusieurs programmes d'intervention de stimulations physique ou cognitive montrent des résultats encourageants sur les performances de ces profils. Cependant, leurs effets paraissent insuffisants pour répondre à l'ensemble de leurs déficits, c'est pourquoi certains auteurs soulignent la pertinence de combiner les interventions (Fissler et al., 2013 ; Schneider & Yvon, 2013). Ainsi, la mise en place d'un programme d'activité physique couplée à un entraînement cognitif pourrait s'avérer un moyen novateur pour majorer les effets et favoriser les bienfaits sur des tâches sollicitant des processus multiples (e.g., tâches de vie quotidienne). Le présent travail s'attache donc à observer les effets à court et long terme de ce type d'entraînement sur les capacités exécutives, cardiorespiratoires, psychologiques et motrices de sujets MCI avec une atteinte exécutive (MCIex), puis à en comparer ses effets vis-à-vis de programmes effectués séparément. Quatre groupes ont été mis en place : activité physique (AP), entraînement cognitif (EC), activité physique et entraînement cognitif simultanément (APEC), et contrôle (C). L'impact de ces programmes a été mesuré à la suite des trois mois d'entraînement (24 séances d'une heure) puis six mois après la fin de l'entraînement. Les résultats suggèrent que le groupe APEC a amélioré un plus grand nombre de variables vis-à-vis des autres groupes, surtout dans les domaines moteurs et psychologiques. De même dans l'appréciation qualitative, l'effet du programme APEC paraît plus important sur les tests de marche, proches des situations de vie quotidienne. Ce travail doctoral atteste donc que les entraînements simultanés apportent de nombreux bienfaits, et valorise une nouvelle approche porteuse d'impact sur la vie fonctionnelle.

Mots clefs : MCI, programme simultané, activité physique, entraînement cognitif, fonctionnement exécutif.

Abstract

People with Mild Cognitive Impairment (MCI) suffer from a cognitive decline, which engender executive and functional disorders, punishing in their activities of the everyday life. Given these deficits, several programs of physical or cognitive stimulations show encouraging results on cognitive performances of these profiles. However, their effects seem insufficient to answer all their deficits, so the combination of physical and cognitive training in a simultaneous way could increase the gains. The goal of this study is to assess the effect in simultaneous training with regard to single cognitive and physical training on executive, cardiorespiratory and walking measures. Sixty-nine older adults with MCI were included in a randomized study. 21 participants performed simultaneous cognitive and physical trainings, 18 practiced physical activity only and 16 have been stimulated by a cognitive program only. There were 14 people in a control group without any intervention. Each experimental group used a pretest-training-post-test design (24x1 hour of training). Participants completed a battery of neuropsychological tests, assessing executive control to measure the cognitive impact of programs and the Rockport test, to evaluate the cardiorespiratory fitness capacities. They were also given a battery of walking tests to measure the functional impact of the program. The trainees improved significantly in measures of game performance. At last, although each training showed improvement, we found that PCT program engendered benefits on a larger range and with higher quality effect especially in walking capacities. It was encouraging to observe that, simultaneous training could increase benefits directly involved in everyday living.

Key words: MCI, simultaneous training, Aerobic training, cognitive training, executive functioning.