

**Faculté des sciences de la motricité**

# **Utilisation d'un jeu sérieux en réalité virtuelle immersive pour améliorer l'apprentissage moteur des personnes âgées à court terme**

Une étude pré-post

Auteur : Justine Bogacki et Cléo Reiprich  
Promoteur et Co-promotrice : Gauthier Everard et Louise Declerck  
Année académique 2023-2024  
Master en kinésithérapie et réadaptation [60.0] KINE2M1

## **Remerciements**

La réalisation de ce travail de fin d'étude a pu être accomplie grâce à la collaboration et aux encouragements de plusieurs personnes, que nous tenons à remercier.

En premier lieu, nous tenons à exprimer notre reconnaissance envers notre promoteur, Monsieur Gauthier Everard, pour ses précieux conseils, son écoute attentive et son engagement tout au long de ce travail.

Nous tenons aussi à remercier notre co-promotrice Louise Declerck qui nous a été d'une grande aide concernant la méthodologie et la rédaction du mémoire.

Nous adressons également nos remerciements aux résidents des maisons de repos d'Ottignies et de Wavre, ainsi qu'à nos grands-parents, qui ont généreusement consenti à participer à notre étude.

Enfin, nous tenons à exprimer notre reconnaissance envers nos parents pour leur soutien et leur avis précieux, ainsi qu'à tous nos proches pour leurs encouragements et leur compréhension tout au long de cette période exigeante.

Nous sommes profondément reconnaissants envers chacun d'entre vous pour votre contribution à ce travail.

## TABLE DES MATIERES

Remerciements .....	1
Liste des abréviations .....	4
INTRODUCTION.....	5
MÉTHODE .....	8
1. Conception de l'étude.....	8
2. Participants .....	8
3. Protocole.....	8
4. Matériel .....	11
5. Variables.....	13
6. Analyse cinématique .....	16
RÉSULTATS .....	18
1. Diagramme de flux .....	18
2. Données démographiques .....	19
3. Résultats primaires .....	20
3.1. Compromis vitesse / précision iVR.....	20
3.2. Fluidité des mouvements iVR.....	21
4. Résultats secondaires.....	23
4.1 Dextérité manuelle : transfert de performance dans une autre tâche .....	23
4.2 Activité physique.....	24
4.3 Temps de réaction .....	27
4.4 Fonction cognitive.....	28
DISCUSSION .....	30
1. Synthèse des résultats.....	30
2. Efficacité du régulateur : vitesse, précision et fluidité .....	30
2.1. Compromis vitesse précision .....	30
2.2. Fluidité du mouvement.....	31
3. Dextérité manuelle (avec transfert des performances).....	33
4. Fonction cognitive.....	34
5. Activité physique.....	35
6. Temps de réaction .....	36
7. Expérience en réalité virtuelle et motivation des participants.....	37
8. Implications de la réalité virtuelle chez les personnes âgées .....	38

9. Limites.....	39
CONCLUSION .....	41
BIBLIOGRAPHIE .....	42
ANNEXES .....	48

## Liste des abréviations

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

MET : Équivalent métabolique

iVR : Réalité Virtuelle immersive

RV : Réalité virtuelle

MoCA : Montreal Cognitive Assessment

BBT-VR : Box and Block Test adapté en réalité virtuelle

BBT : Box and Block Test

Kinematics VR : Test d'évaluation de la cinématique du membre supérieur

DLRT: Deary-Liewald Reaction Time Tester

GPAQ: Global Physical Activity Questionnaire

SAT: Speed-Accuracy Trade-off / compromis vitesse/précision

SPARC: Spectral Arc length / longueur d'arc spectrale

ANT: Attention Network Task

AVJ : Activités de la Vie Journalière

MCI : Mild Cognitive Impairment / Déficit cognitif léger

## INTRODUCTION

En l'espace de cinquante ans, de 1975 à 2022, la population mondiale a doublé, passant de 4 à environ 8 milliards d'habitants (1). D'après les estimations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), la population âgée de plus de 60 ans a atteint 962 millions en 2017 et a dépassé le milliard en 2020. Les projections indiquent que ce chiffre devrait doubler d'ici 2050 (1,2).

Malheureusement, les personnes âgées sont confrontées à un déclin moteur et cognitif qui progresse lentement, une réalité inévitable liée au processus de vieillissement (3). Ce déclin, qu'il soit cognitif ou fonctionnel, est influencé par divers facteurs, à la fois internes, tels que la génétique, et externes, tels que l'environnement et le mode de vie (3). Ce processus naturel suit généralement une trajectoire variable : initialement stable voire élevée, les capacités fonctionnelles et cognitives diminuent progressivement au fil des années et peuvent connaître un déclin plus prononcé vers la fin de vie (4).

La capacité fonctionnelle se rapporte aux aptitudes physiques nécessaires pour effectuer les actions et les mouvements corporels requis dans les activités de la vie journalière (AVJ) (5). Leur diminution peut conduire à une perte d'autonomie (6). Cette baisse d'autonomie expose les personnes âgées à un risque de chutes, pouvant être lié à une altération de la force, de la coordination et de l'équilibre (7). La détérioration de ces fonctions a un effet défavorable sur l'exécution des AVJ (8).

Par ailleurs, la capacité cognitive concerne la façon dont le cerveau interagit avec l'environnement en utilisant diverses facultés mentales telles que la perception, la concentration, le raisonnement, ainsi que la capacité à interagir et à s'adapter aux autres (9). La baisse des capacités cognitives constitue l'un des aspects les plus notables du vieillissement et est davantage marquée en cas de maladie neurodégénérative telle que la maladie de Parkinson, la démence et l'Alzheimer (10,11). Ce déclin cognitif pourrait être retardé par un mode de vie incluant la stimulation mentale et l'activité physique (10).

Si les progrès effectués par la médecine lors du siècle passé ont permis de prolonger l'espérance de vie (12), certaines évolutions technologiques telles que les moyens de locomotions et les loisirs physiquement inactifs ont pu, au contraire, avoir un impact négatif sur notre mode de vie, menant par exemple à l'inactivité physique et à la sédentarité (6). L'OMS définit l'activité physique comme tout mouvement musculaire nécessitant une dépense d'énergie, que ce soit lors d'activités de loisirs, au travail ou pour se déplacer (13). Les activités d'intensité modérée à soutenue sont bénéfiques pour la santé, et il est recommandé de pratiquer entre 150 et 300 minutes par semaine d'activités d'endurance d'intensité modérée (13). Suivant cette même source, elle correspond à “toute situation d'éveil caractérisée par une dépense d'énergie inférieure ou égale à 1,5 équivalent métabolique (MET) en position assise, inclinée ou allongée” (14). L'activité physique et le manque de stimulation cognitive sont les facteurs de risque les plus importants pouvant altérer la santé et détériorer la qualité de vie des personnes âgées (15,16). Dans le monde, plus d'un quart des adultes est catégorisé comme sédentaire (13). De fait, une femme sur trois et un homme sur quatre adoptent un mode de vie sédentaire, entravant ainsi leur maintien en bonne santé (13). D'après certaines estimations, l'adoption d'un mode de vie plus actif au niveau mondial pourrait potentiellement prévenir entre quatre et cinq millions de décès chaque année (14). En effet, la pratique régulière d'activités physiques renforcerait les connexions neuronales, améliorant la santé et favorisant l'apprentissage moteur (17).

L'apprentissage moteur se définit comme toute amélioration de la performance qui résulte de l'expérience et concerne les actions motrices (18). Il ne se limite pas à l'acquisition d'une nouvelle compétence, mais inclut également la capacité à appliquer cette compétence à diverses tâches et contextes, ce qu'on appelle le transfert d'apprentissage (19). La cognition joue également un rôle dans cet apprentissage moteur en permettant la sélection rapide de la bonne action dans le bon contexte, ainsi que la capacité à prendre des décisions rapides (18). Avec l'âge, tant la cognition que les performances motrices tendent à décliner, souvent associées à des mouvements plus lents et moins fluides (7,8,20).

Pour faire face à ces déclinés liés à l'âge, l'émergence des nouvelles technologies telles que la réalité virtuelle (RV) ont été développées (21,22). La RV permet la création d'environnements interactifs, dynamiques et multisensoriels, offrant une expérience immersive proche de la réalité. Elle consiste en la simulation informatique d'images ou d'environnements en trois dimensions, avec lesquels les utilisateurs peuvent interagir à l'aide d'équipements électroniques spéciaux (23,24). Il existe trois types de RV : la réalité virtuelle immersive (iVR) impliquant l'utilisation d'un casque virtuel, la semi-immersive avec grand écran et projecteur puis la non-immersive impliquant l'utilisation d'un ordinateur ou d'une télévision (8). La RV constitue un moyen intéressant de combiner les interactions sociales et participation active tout en améliorant la motivation pour la réadaptation (23). Cette technologie pourrait être considérée comme un choix pertinent parmi les thérapies non-médicamenteuses auprès des personnes âgées de par sa simplicité d'utilisation (25). Chaque personne âgée peut progresser à son propre rythme en adaptant le choix des jeux et en sélectionnant ceux qui correspondent le mieux à leurs capacités (26). Elle pourrait être aussi un outil plus accessible pour des personnes éprouvant des problèmes de mobilité (25). Ces avantages rendront la réadaptation plus motivante et bénéfique pour le patient (8).

Malgré son potentiel, peu d'études s'intéressent à l'apprentissage moteur, impliquant les fonctions motrices et cognitives, en utilisant la RV chez les personnes âgées. De plus, la littérature suggère que le niveau de difficulté doit être ajusté pour correspondre aux capacités individuelles (27,28). Dans ce contexte, un jeu sérieux en iVR, REAsmash, a été développé par l'équipe du Pr Thierry Lejeune. Celui-ci favorise simultanément l'activité du membre supérieur et les processus attentionnels des personnes âgées. Ce jeu contient également un régulateur qui permet d'automatiser le degré de difficulté en fonction de la performance cognitive et motrice du participant. Ce mémoire visait donc à évaluer l'efficacité du régulateur de REAsmash-iVR sur l'apprentissage moteur des personnes âgées en iVR. Par ailleurs, nos objectifs secondaires consistaient à étudier si les compétences acquises en iVR contribuaient à augmenter l'activité physique et à améliorer les fonctions attentionnelles.

## MÉTHODE

### 1. Conception de l'étude

Le Comité d'éthique Hospitalo-Facultaire de Saint-Luc UCL (Belgique) a donné son accord pour l'étude qui est enregistrée au numéro B403201524184. Les participants ont tous signé un document attestant leur consentement écrit à poursuivre l'étude en connaissance de toutes les informations nécessaires au déroulé de cette dernière. Les recommandations STROBE-cohort ont été respectées et suivies pour la rédaction de ce mémoire.

### 2. Participants

Cette étude pré-post comprenait un échantillon de personnes saines qui ont été recrutées s'ils respectaient les critères d'inclusion et d'exclusion suivants :

- Être âgé d'au moins 65 ans.
- Ne pas présenter de troubles cognitifs ou orthopédiques pouvant altérer le mouvement ou empêcher la saisie d'une manette de RV.
- Être capable de comprendre des consignes élémentaires.
- Avoir une vision normale ou corrigée.
- Avoir la capacité physique de se déplacer avec ou sans aide technique.

Le recrutement a été réalisé en sollicitant des maisons de repos et de soins, ainsi que par le biais de nos contacts personnels.

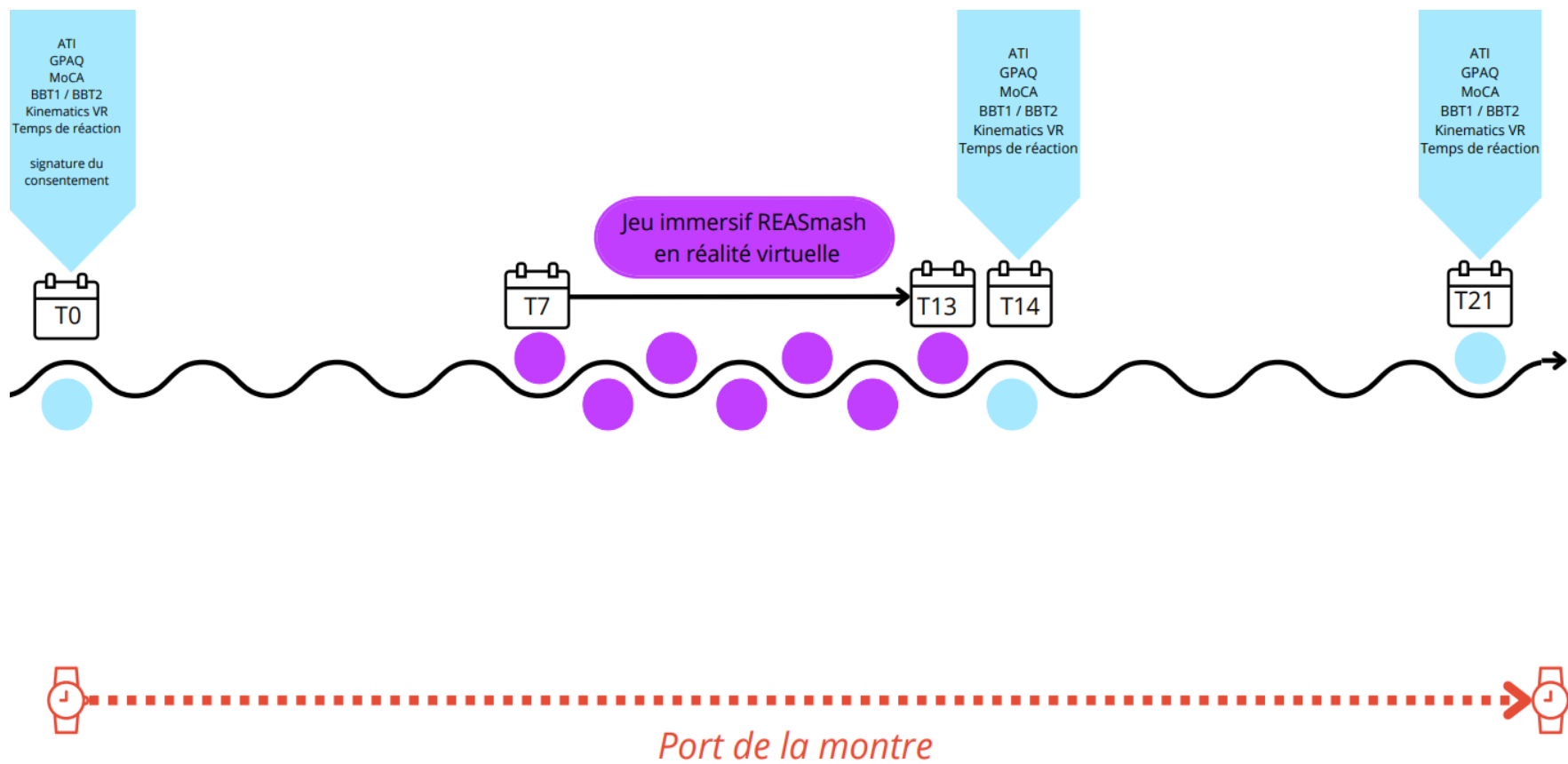
### 3. Protocole

Les expériences se sont déroulées entre octobre 2022 et décembre 2023.

L'étude s'étendait sur trois semaines et consistait en la réalisation de différents tests cliniques à plusieurs moments clés : T0 (au premier jour), T1 (au 14ème jour) et T2 (au 21ème jour de l'expérience). Voir la Figure 1 qui résume le déroulé des trois semaines.

Tout au long de l'étude, les sujets portaient à leur poignet une montre connectée. Aucune instruction ne leur a été donnée concernant le choix du poignet sur lequel la porter. Au cours de la deuxième semaine d'expérience, les sujets devaient utiliser un jeu en iVR pendant 15 minutes chaque jour de la semaine.

Les données démographiques ont également été récoltées, comportant l'âge, la taille, le sexe, le poids, ainsi que la main dominante de chaque sujet.



**Figure 1.** Frise chronologique du déroulement de l'expérience

#### 4. Matériel

Le casque de RV Méta Quest 2<sup>®</sup> a été utilisé, il comporte un casque et deux manettes portables.



*Fig 2. Illustration de la position adoptée par les participants*

Sur ce casque est installé le jeu sérieux immersif auto-adaptatif REAsmash-iVR développé avec le logiciel Unity 2019.3.15 ainsi que les différents tests utilisés et adaptés en RV : le Box and Block Test (BBT-VR) et un test d'évaluation de la cinématique du membre supérieur (Kinematics VR).

Le logiciel SideQuest<sup>®</sup> a permis d'extraire les données du BBT-VR, du Kinematics VR et de REAsmash-iVR qui ont été enregistrées sur le casque. Il a également facilité la synchronisation et le suivi en temps réel de ce que le sujet percevait à travers le casque.

L'objectif du jeu auto-adaptatif REAsmash-iVR est de détecter une seule et unique cible le plus rapidement possible, parmi une série de distracteurs (29). Le participant est placé comme illustré dans la Figure 2. Sur une plaque virtuelle comportant 24 trous, des taupes apparaissent et disparaissent (Figure 3). Il a pour consigne de localiser et

ensuite taper, à l'aide des deux marteaux virtuels représentés par les manettes du jeu, sur une cible en particulier. Cette dernière est symbolisée par une taupe qui porte un casque rouge simple sur la tête. Elle est entourée de distracteurs de manière à moduler la demande attentionnelle. Ces distracteurs sont représentés par d'autres taupes portant soit un casque bleu simple, soit un casque rouge avec des cornes, soit un casque bleu avec des cornes. Un son est émis selon la réussite ou l'échec de l'action. Par moments, apparaît un indice pour aider le sujet à trouver la cible, cet indice peut être visuel ou auditif.

Tout au long du jeu, le régulateur de l'application permet d'ajuster la difficulté de manière progressive et automatique en fonction de la performance motrice et cognitive du sujet. À mesure que l'utilisateur progresse et apprend, le jeu devient progressivement plus difficile. En termes d'apprentissage moteur, à mesure que la difficulté du jeu augmentait, les participants se trouvaient contraints d'effectuer un nombre accru de mouvements vers les taupes, sur de plus grandes distances et dans des délais plus courts. Cela nécessitait des actions plus efficaces et plus précises de la part des membres supérieurs.

Pour que le jeu reste adaptatif et progressif, le régulateur utilise un nombre infini de blocs d'essai. Chaque bloc correspondait à un total de 1 à 24 taupes cibles, en fonction de ce que le participant était capable de faire.

La régulation prend en compte plusieurs facteurs, notamment le taux de réussite, le taux d'échec, l'emplacement des taupes omises, le nombre de distracteurs touchés (faux positifs) et leur emplacement. L'objectif est que le participant réussisse, en moyenne, à 75% des tâches (détection et saisie de la taupe au casque rouge simple). Si le taux de réussite dépasse 75%, l'algorithme considère que le jeu est trop facile. Si le taux de réussite se situe entre 50% et 75%, le jeu est considéré comme trop difficile. Si le taux de réussite est inférieur à 50%, le jeu est jugé excessivement difficile. En fonction du taux de réussite du bloc, l'algorithme ajuste plusieurs éléments en fonction de la performance du sujet au fil des niveaux, notamment l'emplacement de la taupe cible, son temps d'apparition, le nombre de distracteurs, la couleur et/ou la forme de leur casque, ainsi que la présence et le type d'indices.



*Fig 3. Illustration du jeu REAsmash-iVR*

## 5. Variables

Les variables ci-dessous ont été récoltées à différents moments : au 1er jour (T0 : pré-intervention), 14ème jour (T1 : post-intervention) et 21ème jour de l'expérience (T2 : 1 semaine après l'intervention). Elles sont divisées en variables primaires : les données cinématiques du membre supérieur ; et en variables secondaires : le temps de réaction, les fonctions cognitives, l'activité physique et la dextérité manuelle. La récolte des données comprenait trois tests écrits, deux tests adaptés en RV et un test sur ordinateur.

Le temps de réaction a été enregistré grâce à l'application *Deary-Liewald Reaction Time Tester* (DLRT) (30). Le test consiste à réagir, le plus rapidement possible, au stimulus présenté sur un écran d'ordinateur. Durant ce test, le sujet a pour consigne d'appuyer sur une touche du pavé d'ordinateur lorsqu'il voit apparaître une croix noire dans un carré blanc sur fond bleu (Annexe 1). Le test est divisé en deux parties, la première partie est composée de huit essais et fait office d'entraînement pour que le sujet se familiarise avec l'interface et intègre les consignes. La deuxième partie est le test en lui-même, composé de 20 essais.

Les fonctions cognitives ont été évaluées à partir de la version française du *Montreal Cognitive Assessment* (MoCA) (31). Il permet d'évaluer l'attention, les fonctions exécutives, la mémoire de travail, la mémoire à court terme, le langage, la dénomination, les capacités visuo-spatiales, les capacités d'abstraction et l'orientation dans le temps et l'espace.

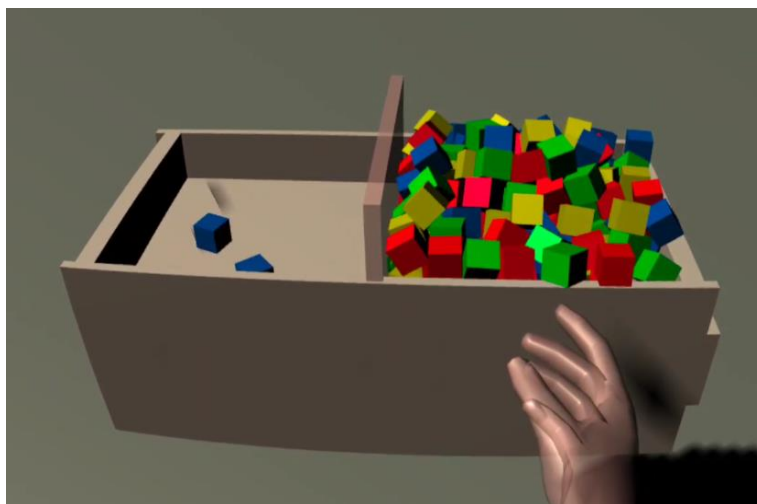
Le score total est sur 30 points et reflète le niveau d'atteinte cognitive (Annexe 2) :

- Au moins 26 : Aucune atteinte neurocognitive.
- Entre 18 et 25 : Atteinte légère.
- Entre 10 et 17 : Atteinte modérée.
- Moins de 10 : Atteinte sévère

L'activité physique a pu être évaluée grâce à la version française du *Global Physical Activity Questionnaire* (GPAQ) (32). Il s'agit d'un questionnaire comprenant une série de 16 questions orientées sur l'activité professionnelle, les déplacements et les activités de loisirs (Annexe 3). Celui-ci a été mis au point par l'OMS pour sonder la pratique d'une activité physique sur une semaine type dans différents pays. Les scores collectés sont ensuite convertis en MET.min/semaine. Le MET correspond au ratio entre la quantité d'énergie utilisée pendant cette activité et celle dépensée au repos (33). Cela permet de définir trois niveaux d'activités physiques : élevé, modéré et faible. Quatre METs correspondent à une activité moyennement intense et 8 METs à une activité intense. La montre connectée Fitbit Inspire 2<sup>®</sup> a également permis d'enregistrer des données en lien avec le niveau d'activité physique. Les données sont synchronisées automatiquement via la connexion avec l'application Fitbit installée sur smartphone. Elle enregistre principalement le nombre de pas, la distance quotidienne parcourue, les calories dépensées, la fréquence cardiaque. Cette montre a été portée du réveil jusqu'au coucher, pendant la durée totale de l'étude.

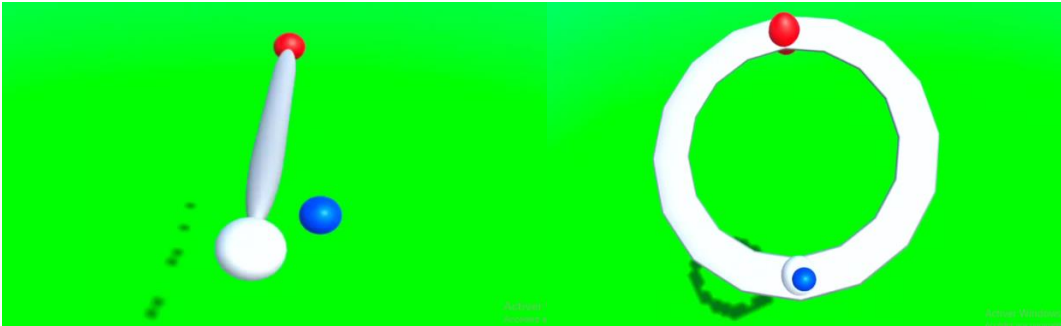
La dextérité manuelle globale unilatérale a pu être mesurée à l'aide du BBT-VR (34). Il a été démontré que le BBT-VR est un instrument fiable, valide, simple d'utilisation et adapté à une évaluation à court terme de la dextérité manuelle. Il offre des données cinématiques quantitatives et objectives (34). Le test consiste à déplacer le plus de

cubes virtuels en prise pouce-index, à l'aide d'une manette, d'un compartiment à l'autre séparé par une cloison, en 60 secondes (Figure 4). La boîte est orientée dans le sens de la longueur, avec le compartiment contenant les blocs orientés devant la main qui est testée. Le test a été réalisé trois fois pour diminuer l'effet d'apprentissage des sujets ; seul le dernier essai a été retenu pour l'analyse.



*Fig 4. Illustration du BBT-VR*

La qualité du mouvement du membre supérieur (fluidité et compromis vitesse précision) a été mesurée par le Kinematics VR (35). Le Kinematics VR est un outil fiable, valide et facile d'utilisation pour évaluer la cinématique du membre supérieur chez les personnes âgées (35). L'objectif de ce test est de retracer cinq lignes en aller-retour et cinq cercles virtuels à l'aide d'une manette de jeu le plus rapidement et précisément possible (Figure 5). Les participants avaient également trois essais pour ce test afin de diminuer l'effet d'apprentissage. Durant le test, les données de positions des manettes et du casque sont enregistrées à une fréquence d'échantillonnage de 60Hz au sein d'un fichier d'exportation (.csv), lui-même enregistré sur le casque.



(a) Réalisation de lignes droites

(b) Réalisation de cercles

**Fig 5.** Illustration du Kinematics VR, à gauche le tracé d'une ligne, à droite le tracé d'un cercle

## 6. Analyse cinématique

Les données cinématiques du fichier d'export ont été analysées grâce à un programme développé en langage Python. Initialement, pour les données de chacun des participants, une analyse visuelle a été faite afin de garantir que les données avaient été correctement acquises. Ensuite nous avons utilisé un filtre de type Butterworth (fréquence de coupure = 10 Hz) pour éliminer le bruit du signal. A partir des positions tridimensionnelles des manettes et après le filtrage du signal, nous avons pu calculer deux indices cinématiques : le compromis vitesse/précision (SAT) et la longueur d'arc spectrale (SPARC).

La SAT permet d'évaluer les améliorations induites par l'entraînement et est considérée comme la signature de l'apprentissage moteur. Elle se mesure en unités arbitraires (a.u.) et correspond au rapport entre la vitesse moyenne et l'erreur de précision :

$$\text{SAT} = V \text{ moyenne} / (1 - (\text{Trajet idéal} / \text{Trajet réalisé}))$$

La mesure de l'erreur repose sur la linéarité du mouvement que l'on calcule en comparant la trajectoire idéale avec le déplacement effectué par le contrôleur.

Le SPARC permet de mesurer la fluidité et se calcule comme la longueur de l'arc spectrale de vitesse instantanée (c'est-à-dire la longueur de la courbe représentant l'amplitude normalisée du signal "vitesse" ( $\tilde{V}$ ) en fonction de sa fréquence ( $\omega$ )) (36).

### 7. *Analyse statistique*

Les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide de Sigmaplot 13.0<sup>®</sup> (Systat Software Inc). Pour chacune des analyses, nous avons défini :  $\alpha = 0,05$ .

Les résultats primaires de l'étude ont porté sur l'évaluation du transfert de l'apprentissage moteur REAsmash-iVR, sur la fluidité du mouvement, ainsi que sur la performance en termes de vitesse et de précision. Les analyses secondaires ont inclus la performance de la dextérité manuelle dans l'iVR, le temps de réaction, les fonctions cognitives et l'activité physique.

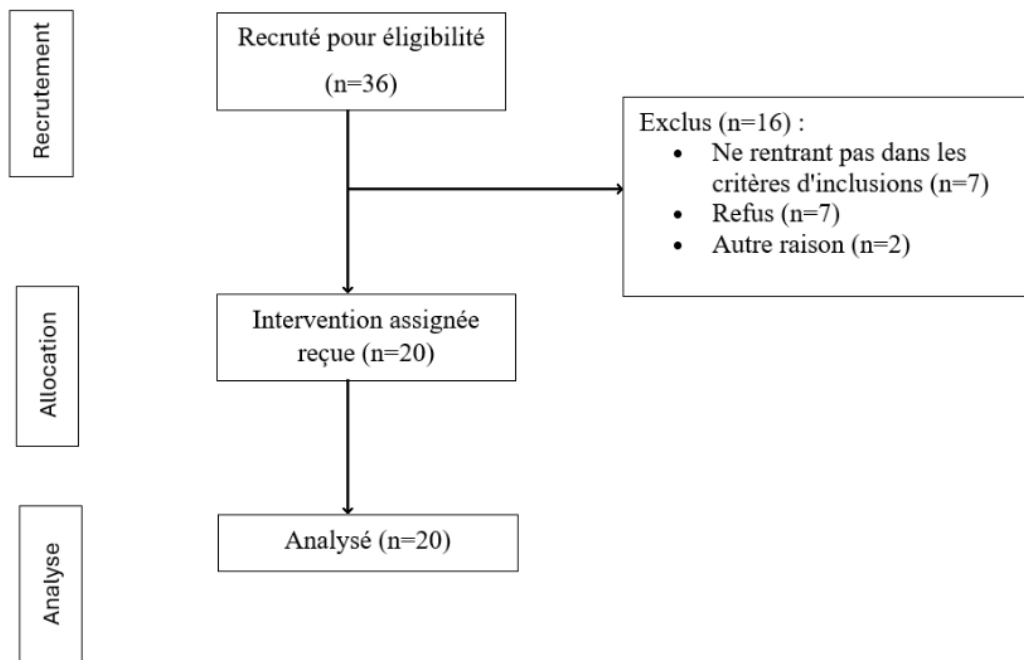
Pour l'analyse de tous ces résultats, à l'exception du MoCA, des Km/j et des Kcal/j, nous avons utilisé des ANOVA à mesures répétées à facteur unique. Si des résultats significatifs étaient observés, des analyses post hoc ont été effectuées entre T0 et T1 pour examiner tout transfert de performance, puis entre T0 et T2 pour évaluer la persistance de cette performance. Chaque analyse post-hoc a été réalisée en utilisant les ajustements de Bonferroni ou de Tukey, en fonction de la normalité des données. Des ANOVA sur rang ont été réalisées pour l'analyse des données du MoCA, des Km/j et des Kcal/j qui ne suivaient pas une distribution normale.

## RÉSULTATS

### 1. Diagramme de flux

Comme le montre la Figure 6, nous avons recruté 36 personnes pour éligibilité. Après avoir exclu certains participants, les 20 personnes recrutées ont reçu l'intervention pendant sept jours successifs via REAsmash-iVR sur une durée moyenne de 15,8 [9,73 - 15,12] minutes par jour. Ils ont tous terminé l'étude sans aucuns effets indésirables.

Les données de tous les participants ont été utilisées pour l'analyse des résultats.



**Fig 6.** Diagramme de flux

## 2. Données démographiques

Vingt personnes ont participé volontairement à cette étude. La moyenne d'âge de l'échantillon était de 77,4 ans (6,51). L'échantillon était composé de 9 femmes et de 11 hommes. Parmi les participants, quatorze sujets sur les vingt vivaient dans leur maison indépendante, alors que les six autres vivaient en maison de repos et de soins. Les différentes caractéristiques des participants sont reprises dans le Tableau 1. Les différents paramètres évalués initialement chez les participants sont également présentés dans le Tableau 2.

**Tableau 1.** Données démographiques des participants

Participants (n=20)	
Age (années)	77,4 (6,51)
Sexe (F/H)	9/11
Main dominante (D/G)	17/3
Taille (cm)	169,4 (7,73)
Poids (kg)	73,3 (14,40)

**Tableau 2.** Données initiales évaluées à T0

Participants (n=20)	
MoCA	24,5 [23 - 27,5]
KinematicsVR – Cercles	
Base SAT	3,1 [1,55 – 4,40]
Base SPARC	-3,77[-5,876 - -2,517]
KinematicsVR – Lignes droites	
Base SAT	2,6 (1,09)
Base SPARC	-1,97 [-2,027 - -1,896]
Base BBT – VR	27 [20,1 – 36,4]
ATI	24 [14 - 50]
GPAQ (MET)	1800 [750 - 3720]
Temps de réaction (ms)	398,1 (116,89)

*MoCA= Montreal Cognitive Assessment; SAT= Speed/ accuracy trade-off; SPARC = Spectral Arc Length; ATI= affinity for technology interaction; GPAQ = global physical activity questionnaire; le sexe et la main dominante sont présentés sous forme de proportions; l'âge, la taille, le poids, le temps de réaction, la SAT de base de la tâche de lignes droites de la Kinematics VR sont présentés sous forme de moyenne (écart- type); le MoCA, la SAT et le SPARC de base des tâches de cercles de la Kinematics, VR le SPARC de base des tâches de lignes droites, le score BBT-VR, l'ATI, le GPAQ et sont présentés sous forme de médiane [1er quartile - 3ème quartile]*

### 3. Résultats primaires

#### 3.1. Compromis vitesse / précision iVR

Comme nous pouvons le voir dans le Tableau 2, les ANOVA à mesures répétées ont montré, lors de la réalisation de lignes droites par les sujets, une amélioration significative de la SAT à T1 ( $t=4,32$  ;  $p < 0,001$ ), sans maintien des résultats à T2 (T0 vs T2 :  $t=2,19$  ;  $p=0,104$ ).

Pour la réalisation des cercles, les post hoc ont montré d'autre part une amélioration significative de la SAT ( $\chi^2=10,90$  ;  $df=2$  ;  $p= 0,004$ ) entre T0 et T1 ( $q=3,90$  ;  $p=0,02$ ) et une rétention des résultats à T2 (T0 vs T2 :  $q=4,25$  ;  $p=0,008$ ).

### 3.2. Fluidité des mouvements iVR

Pour la réalisation de lignes droites, les ANOVA à mesures répétées ne montrent pas d'amélioration significative du SPARC entre T0, T1 et T2 ( $\chi^2=2.10$  ;  $df=2$ ;  $p=0,350$ ).

Alors que pour la réalisation des cercles les post-hoc montrent une amélioration significative du SPARC ( $\chi^2=11.20$  ;  $df=2$  ;  $p= 0,004$ ) entre T0 et T1 ( $q=3,58$ ;  $p=0,031$ ) avec préservation des résultats à T2 (T0 vs T2:  $q=4,47$ ;  $p=0,004$ ).

**Tableau 2.** Résultats primaires de l'étude

	T0	T1	T2	ANOVA p-valeur	Post-hoc p-valeur T0 vs T1	Post hoc p-valeur T0 vs T2
Compromis vitesse/précision						
Lignes droites	2,6 (1,09)	3,9 (1,62)	3,3 (1,56)	<0,001*	<0,001*	0,104
Cercles	3,1 [1,55 - 4,40]	4,2 [3,18 – 4,83]	4,3 [3,01 – 5,09]	0,004*	0,02*	0,008*
Fluidité des mouvements						
Lignes droites	-1,97 [-2,027 – - 1,896]	-1,92 [-1,978 – -1,783]	-1,91 [-2,016 – -1,811]	0,350	N/A	N/A
Cercles	-3,77 [-5,876 – - 2,517]	-2,67 [-4,000 – -2,359]	-2,44 [-3,287 – - 2,273]	0,004*	0,031*	0,004*

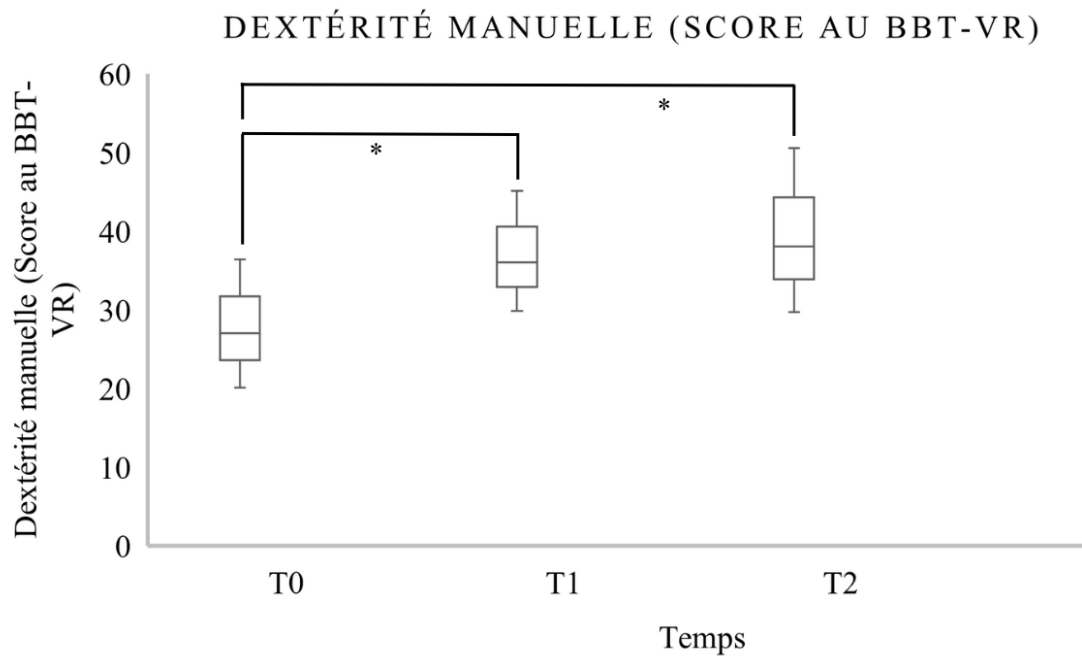
*\*Indique une p-valeur significative ; N/A = Non Applicable ; Pour la réalisation de lignes droites, concernant le compromis vitesse/précision, les résultats sont décrits en moyenne (écart-type) et les cercles sous forme de médiane [1<sup>er</sup> – 3<sup>ème</sup> quartile] ; Toutes les valeurs concernant la fluidité des mouvements sont présentées sous forme de médiane [1<sup>er</sup> – 3<sup>ème</sup> quartile]*

#### 4. Résultats secondaires

Les résultats secondaires sont résumés dans le Tableau 3.

##### 4.1 Dextérité manuelle : transfert de performance dans une autre tâche

D'après les ANOVA à mesures répétées, on observe un score BBT-VR significativement amélioré suite à l'intervention en RV ( $\chi^2=28.85$  ;  $df=2$  ;  $p<0,001$ ) entre T0 et T1 ( $q=5,26$  ;  $p<0,001$ ) avec un maintien significatif de ces résultats à T2 (T0 vs T2 :  $q=6,82$ ;  $p<0,001$ ) (Figure 7).

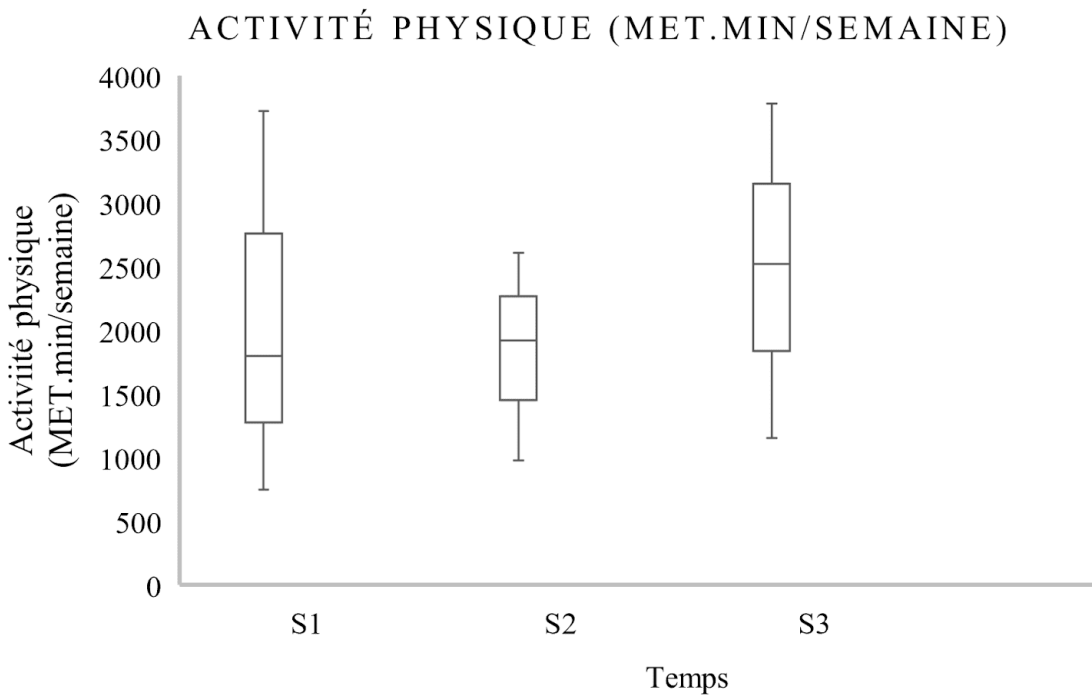


**Fig 7.** Évolution de la dextérité manuelle au cours du temps

*\*Indique une augmentation significative. Les résultats sont présentés sous la forme d'une médiane avec un écart interquartile. Les box plot représentant la médiane, les 1er et 3e quartiles.*

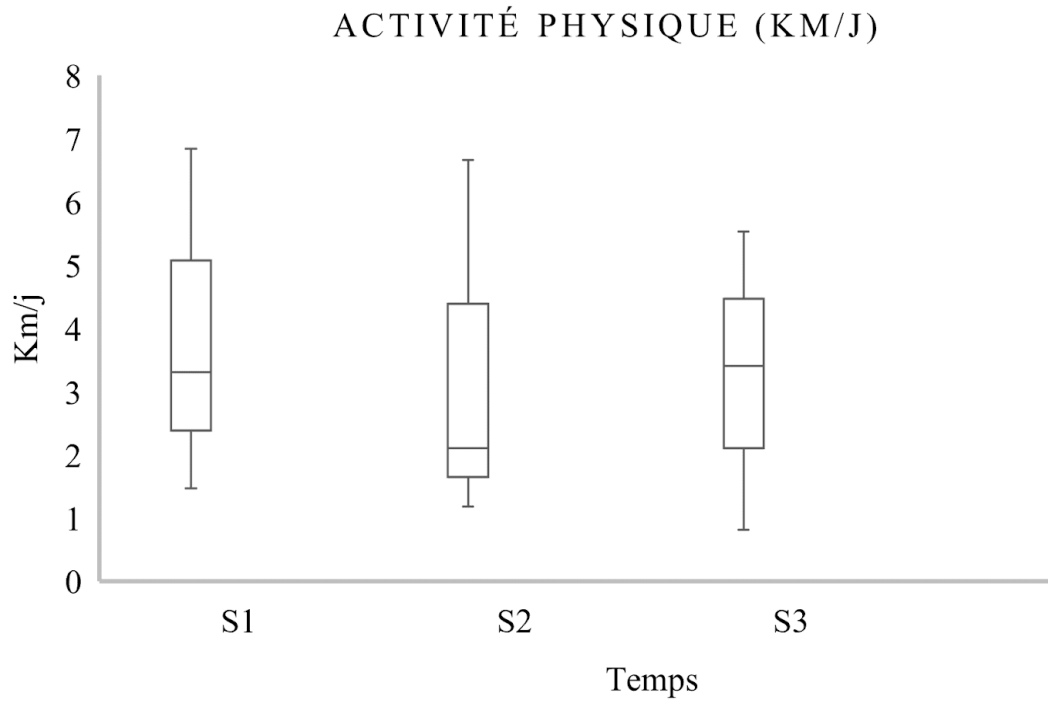
## 4.2 Activité physique

Les participants ne montrent pas de changement significatif concernant le niveau d'activité physique ( $\chi^2=0,53$  ;  $df=2$  ;  $p=0,764$ ) entre T0, T1 et T2 (Figure 8). Aucun changement significatif n'est constaté concernant les Km/j ( $q=0,0957$  ;  $p=0,953$ ) (Figure 9). Pour finir aucune différence significative n'est notable pour la dépense énergétique en Kcal/j ( $q=0,229$ ;  $p=0,892$ ) (Figure 10).



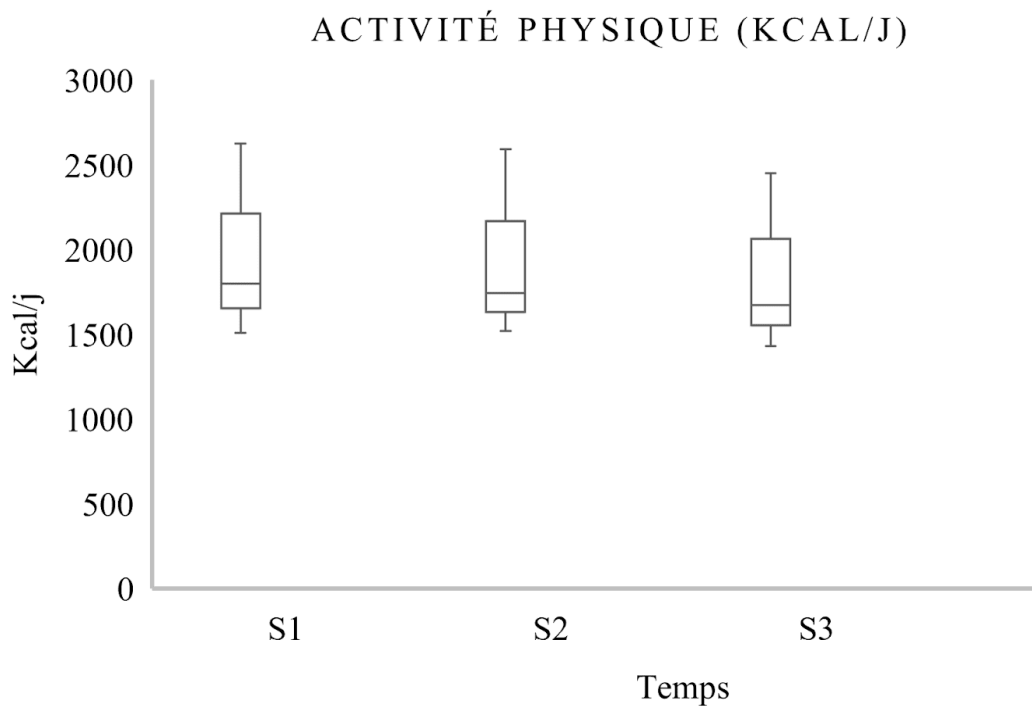
**Fig 8.** Évolution de l'activité physique au cours du temps

*Les résultats sont présentés sous la forme d'une médiane avec un écart interquartile. Les box plot représentant la médiane, les 1er et 3e quartiles.*



**Fig 9.** Évolution des kilomètres par jour au cours du temps

*Les résultats sont présentés sous la forme d'une médiane avec un écart interquartile. Les box plot représentant la médiane, les 1er et 3e quartiles. S1 représente la moyenne des kilomètres par jour entre le J1 et le J7, S2 représente la moyenne des kilomètres par jour entre le J8 et le J14 et S3 représente la moyenne des kilomètres par jour entre J15 et J21.*

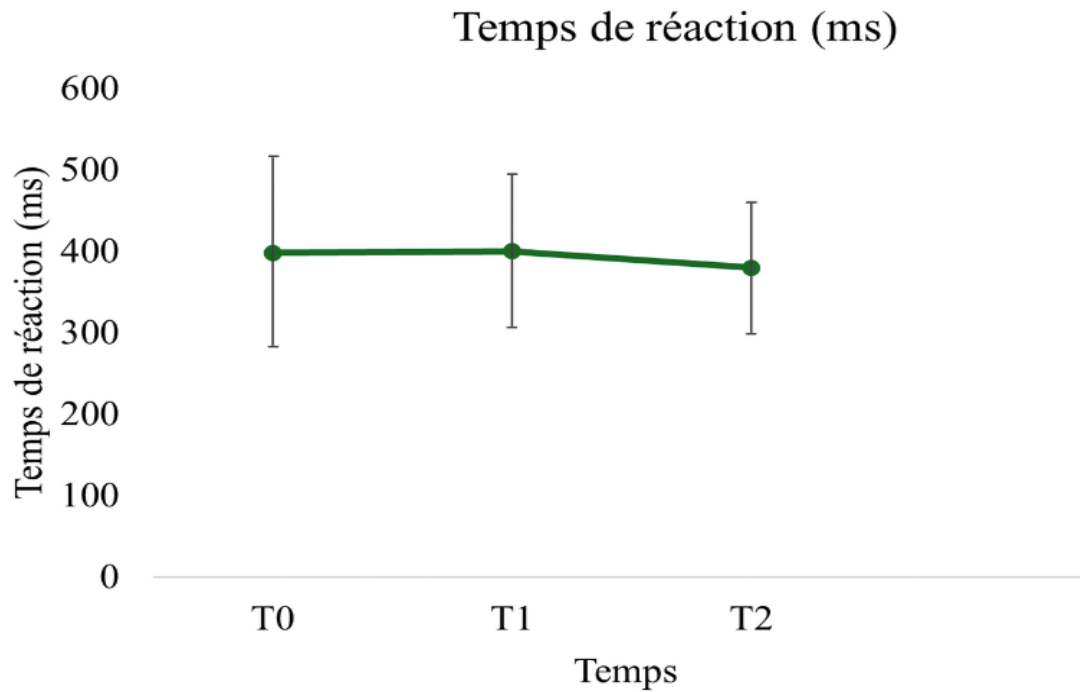


**Fig 10.** Évolution des kilocalories par jour au cours du temps

*Les résultats sont présentés sous la forme d'une médiane avec un écart interquartile. Les box plot représentant la médiane, les 1er et 3e quartiles. S1 représente la moyenne des kilocalories par jour entre le J1 et le J7, S2 représente la moyenne des kilocalories par jour entre le J8 et le J14 et S3 représente la moyenne des kilocalories par jour entre J15 et J21.*

### 4.3 Temps de réaction

On ne note pas de changement significatif relatif au temps de réaction ( $F=0,46$  ;  $df=2$  ;  $p=0,636$ ) entre T0, T1 et T2 (Figure 11).

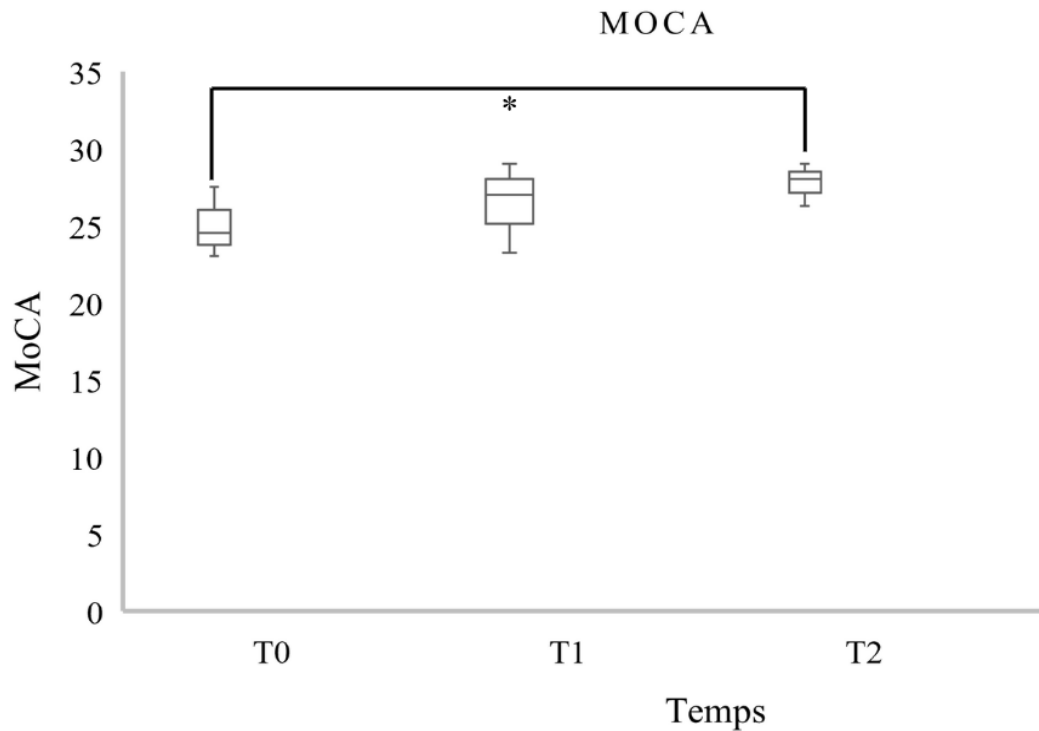


**Fig 11.** Évolution du temps de réaction au cours du temps

*Les résultats sont présentés sous forme d'une moyenne et d'un écart type.*

#### 4.4 Fonction cognitive

Les résultats des ANOVA sur rang montrent une amélioration significative du score au MoCA ( $q=7,411$ ;  $p=0,025$ ). Les analyses post-hoc ont, par la suite, permis d'identifier une différence significative uniquement entre T0 et T2 ( $q=3,822$ ;  $p=0,019$ ) (Figure 12) mais pas de différence significative entre T0 et T1 ( $q=1,844$ ;  $p=0,342$ ) ni entre T1 et T2 ( $q=1,978$ ;  $p=0,342$ ).



**Fig 12.** Évolution du score au MoCA au cours du temps

*\*Indique une augmentation significative. Les résultats sont présentés sous la forme d'une médiane avec un écart interquartile. Les box plot représentant la médiane, les 1er et 3e quartiles.*

**Tableau 3.** Synthèse des variables secondaires

Variables secondaires	T0	T1	T2	ANOVA p-valeur	Post-hoc p-valeur T0 vs T1	Post-hoc p-valeur T0 vs T2	Post-hoc p-valeur T1 vs T2
Score BBT-VR	27 [20,1 – 36,4]	36 [29,8 – 45,1]	38 [29,7 – 50,5]	<0,001*	<0,001*	<0,001*	N/A
Activité physique (METS/min/semaine)	1800 [750 - 3720]	1920 [980 - 2610]	2520 [1155 - 3780]	0,764	N/A	N/A	N/A
Temps de réaction (ms)	398,1 (116,89)	399,9 (94,12)	379,6 (80,31)	0,636	N/A	N/A	N/A
	T0	T1	T2	ANOVA p-valeur	Post-hoc p-valeur T0 vs T1	Post-hoc p-valeur T0 vs T2	Post-hoc p-valeur T1 vs T2
MoCA	24,5 [23 – 27,5]	27 [23,25 - 29]	28 [26,25 - 29]	0,025*	0,342	0,019*	0,342
	S1	S2	S3	ANOVA p-valeur	Post-hoc p-valeur T0 vs T1	Post-hoc p-valeur T0 vs T2	Post-hoc p-valeur T1 vs T2
Km/j	3,3 [1,46 – 6,83]	2,1 [1,18 – 6,66]	3,4 [0,81 – 5,52]	0,953	N/A	N/A	N/A
Kcal/j	1796 [1505 - 2623]	1742 [1516 - 2589]	1671 [1429 - 2449]	0,892	N/A	N/A	N/A

\*Indique une p-valeur significative ; BBT-VR = Box and Block Test en RV ; MoCA = Montreal Cognitive Assessment ; Km/j = Kilomètres par jour ; Kcal /j = Kilocalories par jour ; Toutes les valeurs sont présentées sous forme de médiane [1<sup>er</sup> – 3<sup>ème</sup> quartile] à l'exception du temps de réaction présenté sous forme de moyenne (écart-type). S1 représente la moyenne des kilomètres et kilocalories par jour entre le J1 et le J7, S2 représente la moyenne des kilomètres et kilocalories par jour entre le J8 et le J14 et S3 représente la moyenne des kilomètres et kilocalories par jour entre le J15 et le J21

## DISCUSSION

### *1. Synthèse des résultats*

L'objectif de ce mémoire était, d'une part d'évaluer l'efficacité du régulateur REAsmash-iVR sur l'apprentissage moteur des personnes âgées en RV, et d'autre part de déterminer si les compétences acquises dans ce contexte pouvaient améliorer l'activité physique, le temps de réaction, les fonctions cognitives et la dextérité manuelle.

Les résultats semblent indiquer que le jeu auto-adaptatif REA-smash iVR permet d'améliorer la vitesse, la précision et la fluidité des mouvements dans des tâches impliquant la réalisation de cercles en iVR, avec des effets persistants une semaine après l'utilisation du casque. Une amélioration du compromis vitesse-précision est notable pour la réalisation de lignes droites en iVR, mais sans effets persistants une semaine après l'utilisation du casque. L'amélioration de la fluidité n'est pas constatée lorsqu'il s'agit de réaliser des lignes droites en iVR. De plus, une amélioration significative de la dextérité manuelle et des fonctions cognitives a été observée avec maintien des effets une semaine après l'utilisation du casque. Par ailleurs, aucun effet n'a été constaté sur le temps de réaction et l'activité physique.

### *2. Efficacité du régulateur : vitesse, précision et fluidité*

#### *2.1. Compromis vitesse précision*

En ce qui concerne le compromis vitesse précision, nos résultats sont similaires avec ceux de Kato et al (37). Les auteurs de ce travail ont observé une amélioration significative de la SAT à la suite d'une intervention en RV qui consistait en l'atteinte de cibles en ligne droite (37). Cette similitude pourrait s'expliquer par le fait que notre jeu REAsmash-iVR impliquait également des tâches de pointages semblables à des lignes droites. Les tests cinématiques en ligne droite utilisés pour évaluer la SAT étaient également similaires.

De même, les conclusions d'Everard et al.(38), suggèrent une réduction notable de la durée des mouvements et une amélioration de la linéarité suite à une intervention en RV axée sur la répétition des essais dans des tâches de pointages. Effectivement, une amélioration du compromis vitesse-précision entraîne généralement une augmentation de la vitesse, comme observé ici par une diminution de la durée du mouvement. Celle-ci est associée à une amélioration de la précision, pouvant se manifester par une plus grande linéarité.

Dans cette étude, la performance a été évaluée en répétant une tâche, de manière comparable au jeu REAsmash-iVR, caractérisé par des mouvements répétitifs nécessitant l'exécution de mouvements comparables à des lignes droites pour atteindre les cibles. Cette ressemblance pourrait ainsi justifier la concordance des résultats. Cependant, notre étude actuelle se penchait plus précisément sur le transfert du compromis vitesse-précision permettant d'apporter une information complémentaire suggérant que l'amélioration de la SAT peut se transférer d'une tâche à une autre en iVR.

## *2.2. Fluidité du mouvement*

En ce qui concerne la fluidité des mouvements, nos résultats concordent avec ceux de Kato et al (37). Leur étude n'a révélé aucune différence significative dans la fluidité des mouvements lors de la réalisation de lignes droites. Cette similitude pourrait être attribuée au fait que notre jeu REAsmash-iVR comportait également des tâches en ligne droite.

Cependant, nos résultats présentent des différences partielles par rapport à ceux de Everard et al (38). Dans notre étude, nous avons observé une amélioration de la fluidité dans les tâches circulaires, mais pas dans les lignes droites. Cette constatation est en contraste avec leur étude, où une amélioration significative de la fluidité est observée dans les tâches de pointages grâce à la répétition des mouvements. Cette distinction pourrait s'expliquer par le fait que notre étude évalue le transfert de performance entre différentes tâches distinctes en RV, tandis que leur étude se concentre sur l'acquisition de compétences au sein d'une seule tâche.

Le transfert de performance pourrait également être expliqué par le caractère auto-adaptatif du régulateur. Onushko et al (39) dans leur étude ont divisé aléatoirement des personnes âgées en trois groupes : l'un pratiquant des tâches simples, un autre des tâches difficiles, et le dernier n'en pratiquant aucune. Ces tâches ont été répétées 80 fois en RV. Les résultats ont indiqué une amélioration de l'apprentissage moteur chez les personnes âgées ayant pratiqué les tâches simples. De plus, il a été observé que les membres du groupe ayant réalisés les tâches simples étaient plus performants dans les tâches de transfert par rapport à ceux s'entraînant sur des tâches difficiles. Cette étude pourrait consolider l'importance d'un jeu tel que REAsmash-iVR, qui s'ajuste au niveau de chaque participant, facilitant ainsi l'amélioration de l'apprentissage moteur et sa transférabilité vers d'autres tâches.

Cependant, bien que le régulateur ait favorisé le transfert de performances à d'autres tâches en RV après l'acquisition de certaines compétences, nous n'avons pas observé d'amélioration de la fluidité dans les tâches linéaires par rapport aux tâches circulaires. Gulde et al. (40) dans leur étude, ont démontré que l'exécution de deux tâches différentes chez les personnes âgées entraînait des changements dans la qualité du mouvement, notamment en ce qui concerne la fluidité, évaluée par le nombre de pics de vitesse. En ce qui concerne notre étude, la dimensionnalité des formes à réaliser pourrait avoir joué un rôle sur les améliorations cinématiques observées. En effet, les lignes droites de Kinematics VR peuvent être considérées comme des éléments à deux dimensions, tandis que les cercles peuvent être assimilés à des éléments à trois dimensions. Cette différence en termes de dimensions implique une différence en termes de mouvements à accomplir. La réalisation de mouvements en 3D, offre une possibilité supplémentaire d'amélioration cinématique par rapport au 2D. Les résultats initiaux des participants permettent d'appuyer cette hypothèse. En effet, le SPARC médian pour les lignes droites est de -1,97 avec un écart interquartile de 0,131, tandis que le SPARC médian pour les cercles est de -3,77 avec un écart interquartile de 3,359. Étant donné que des mouvements plus fluides sont caractérisés par un SPARC proche de 0, on peut espérer une marge d'amélioration plus importante pour la réalisation des cercles.

### 3. *Dextérité manuelle (avec transfert des performances)*

L'évaluation de la dextérité manuelle par le BBT-VR a permis de montrer une amélioration significative du score après utilisation de la RV. Cependant nos résultats ne concordent pas avec ceux de Jonsdottir et al (41). Cet article étudie l'utilisation de jeux virtuels dans la réadaptation des membres supérieurs des personnes atteintes de sclérose en plaques. Cette intervention s'étendait sur environ trois semaines, avec 12 sessions de 40 minutes chacune, soit 4 à 5 séances par semaine. Six jeux de réadaptation étaient disponibles, impliquant des mouvements ciblés des bras dans l'espace virtuel ainsi que des gestes de saisie d'objets virtuels par ouverture et fermeture de la main. Il convient de noter que les participants présentaient des déficits moteurs des membres supérieurs mais étaient capables de fléchir l'épaule et le coude d'au moins 45°. Comme dans notre étude, le test du Box and Block (BBT) a été utilisé avant et après l'intervention pour évaluer la dextérité manuelle. Cependant, les résultats de cette étude n'ont pas atteint de signification statistique, en contraste avec les résultats de notre propre étude. Pourtant l'intervention était similaire sur le plan du régulateur, chacune s'étant adaptée au niveau du participant. Cette divergence de résultats pourrait être expliquée par les différences de participants entre les deux études : des personnes atteintes de sclérose en plaques présentant des troubles neurologiques, par opposition aux personnes âgées en bonne santé de notre étude. De plus, l'utilisation d'un jeu unique dans notre étude pourrait, par la répétition du même mouvement dans une tâche unique, favoriser l'effet d'habituation et donc un meilleur apprentissage des compétences motrices sollicitées. Cela pourrait ensuite être plus efficacement appliqué à d'autres tâches en RV, telles que le BBT-VR.

Des recherches précédentes ont montré que la dextérité manuelle pouvait jouer un rôle crucial dans la préservation et l'amélioration des AVJ (42,43). Choi et al. (44) ont étudié la relation entre la dextérité manuelle mesurée à l'aide du BBT et les performances dans les AVJ chez les personnes atteintes de la maladie de Parkinson. Les résultats indiquent une corrélation plus forte entre la dextérité manuelle et la performance du côté le moins affecté que du côté affecté, ce dernier étant potentiellement plus représentatif du niveau de fonctionnement d'une personne âgée. Bien que cette étude

utilise le BBT dans des conditions réelles, de fortes corrélations significatives ont été relevées entre le BBT et le BBT-VR (34). Ainsi, il est plausible que le BBT-VR puisse offrir des informations sur le fonctionnement des participants dans leurs AVJ. En améliorant la dextérité manuelle par le biais de l'apprentissage moteur sur le casque virtuel, cela pourrait bénéficier aux personnes âgées dans leurs AVJ.

#### *4. Fonction cognitive*

Concernant la fonction cognitive, nous avons mis en évidence des résultats significatifs. L'étude de Yang et al (45) vient corroborer nos conclusions en présentant également des résultats significatifs de la RV sur les fonctions cognitives tels que l'attention, la mémoire et la vitesse de traitement. Cette étude comparait l'intervention en RV avec un programme d'exercice chez des sujets atteints de troubles cognitifs légers. Malgré des résultats significatifs observés dans les deux études, celle de Yang et al (45) a obtenu des différences plus marquées cliniquement. Tout d'abord en raison du programme d'intervention qui est relativement plus étendu (trois fois par semaine, 100 minutes par intervention, totalisant 24 interventions). Ensuite l'utilisation de trois tests permet de renforcer la fiabilité de l'évaluation de la fonction cognitive par rapport à notre étude qui se concentre uniquement sur le MoCA. Il est important de notifier notamment que le MoCA est un outil de caractérisation utilisé pour détecter les déficits cognitifs plutôt qu'un outil de mesure d'efficacité thérapeutique.

Liao Y. Y et son équipe ont obtenu une conclusion similaire (46). Leur étude avait pour objectif d'étudier les impacts de l'entraînement physique et cognitif en RV sur les fonctions cognitives (cognition globale, fonction exécutive et mémoire verbale) comparativement à un programme traditionnel. L'intervention s'est déroulée sur une durée prolongée de 12 semaines, comprenant au total 36 séances. L'entraînement cognitif en RV a montré une amélioration significative des scores du MoCA. La similitude entre notre étude et celle-ci pourrait s'expliquer particulièrement par le recours à un même instrument d'évaluation mesurant les mêmes paramètres avant et après l'intervention. Cela pourrait également être dû à un effet d'habituation au test du MoCA. Les participants pourraient avoir intégré certaines des questions posées, ce qui

expliquerait l'amélioration des fonctions cognitives. Étant donné que le MoCA était le seul test utilisé, aucun autre test n'a pu vérifier s'il y avait eu une véritable amélioration des fonctions cognitives.

Toutefois, en comparaison avec ces études de longue durée, nous remettons en question la fiabilité de nos résultats concernant une éventuelle amélioration des fonctions cognitives après seulement une semaine d'intervention. Gates et al (15) partagent également des doutes quant à la capacité d'un entraînement cognitif informatisé à maintenir une bonne fonction cognitive chez les personnes âgées. Dans cette méta-analyse, les essais de très courte durée (<3 mois) ont été exclus, soulignant le manque d'effet potentiel à court-terme de notre intervention. Bien qu'ils aient noté la difficulté à trouver des essais de longue durée, nous rejoignons ces auteurs dans l'importance de mener des recherches approfondies pour déterminer si des périodes de formation plus longues pourraient avoir un effet majoré sur les fonctions cognitives et si ces effets peuvent être durables dans le temps.

### 5. *Activité physique*

La moyenne du nombre de kilomètres par jour et du nombre de kilocalories par jour ainsi que l'activité physique exprimée en MET.min/heure n'ont pas montré d'amélioration significative dans cette étude après utilisation du jeu REAsmash-iVR.

Dans l'étude réalisée par Drazich et al (47), l'activité physique et la dépense énergétique ont été mesurées en début et en fin d'étude. Le groupe ayant eu l'intervention en RV a pratiqué de l'exercice physique (vélo virtuel) pendant 40 minutes deux fois par semaine pendant 8 semaines. Leur activité physique ne s'est pas montrée significativement plus élevée entre le début et la fin de l'étude. Nous pensons cependant que la cohérence des résultats peut s'expliquer par le fait que notre échantillon de participants avait déjà un niveau d'activité physique conforme aux recommandations avant le début de l'étude, avec une médiane de 1800 MET.min/semaine. Comparativement, les lignes directrices de l'OMS recommandent un minimum de 600 MET.min/semaine (48). De même, dans l'étude mentionnée menée par Drazich (47),

le groupe d'intervention était déjà engagé dans une activité physique soutenue, avec une moyenne de 27 à 29 heures d'activités par semaine, alors que les recommandations de l'OMS préconisent 150 minutes d'activité physique hebdomadaire (13). Cette prédisposition initiale rendrait ainsi plus difficile l'observation de changements significatifs dans ces deux études.

Cependant, un article évoque une autre explication concernant l'absence de résultats significatifs dans cette étude, offrant ainsi des informations supplémentaires sur la fiabilité du dispositif Fitbit (49).

Dans leur méta analyse, Feehan et al. (49) ont évalué la précision du dispositif Fitbit dans la mesure du nombre de pas révélant une précision d'environ 50 % avec une tendance à sous-estimer, en particulier lors de la marche lente ou d'activités domestiques. Typiquement ce type d'activités peuvent entraîner parfois des mouvements excessifs du bras lorsque le dispositif est porté au poignet, pouvant ainsi influencer sur le nombre de pas fournis par Fitbit. Dans notre étude, nous avons examiné ce paramètre chez une population âgée qui, en général, pratique des activités quotidiennes avec une intensité légèrement plus faible et une vitesse de marche plus lente que la moyenne (6). Cela suggère que le dispositif Fitbit pourrait ne pas être représentatif de la réelle activité physique pratiquée chez les personnes âgées.

Par ailleurs, les résultats de cette méta analyse ont révélé que les appareils Fitbit étaient souvent imprécis dans leurs mesures de la dépense énergétique (49).

Cette revue met donc en évidence de nombreux facteurs susceptibles d'avoir influencé les résultats de notre étude, ce qui pourrait expliquer le manque de résultats significatifs.

## *6. Temps de réaction*

Notre étude ne montre pas d'amélioration du test DLRT suite à l'intervention du jeu REAsmash-iVR. Ces conclusions présentent des similitudes avec un autre étude ayant été menée par Li et al (50). Leur étude visait à évaluer l'efficacité de jeux vidéo multitâche en RV sur les capacités cognitives et physiques au sein d'un groupe témoin et d'un groupe ayant participé à la RV. Leurs résultats indiquent que l'entraînement au

jeu virtuel a diminué le temps de réaction au test Attention Network Task (ANT) de manière significative mais qu'il a également diminué de manière significative dans le groupe témoin, ce qui rend les résultats non concluants. Malgré tout, cette diminution pourrait résulter de la nécessité d'une concentration accrue, imposée par le caractère multitâche du jeu. Le jeu REAsmash-iVR lui se focalise sur une tâche unique. Le temps de l'intervention pourrait également jouer sur cette diminution, ayant duré 4 semaines (trois fois/semaine, 45 minutes de jeu), ce temps reste tout de même supérieur à celui de notre étude.

### *7. Expérience en réalité virtuelle et motivation des participants*

Les résultats observés dans cette étude pourraient avoir été influencés par la motivation des participants. Selon une étude menée par Dong et al (51), la motivation semble être le facteur déterminant pour accroître l'adhésion des personnes âgées sans expérience antérieure en RV, tandis que les jeunes adultes ayant déjà expérimenté la RV sont principalement stimulés par le plaisir ludique du jeu virtuel. Une majorité de l'échantillon nous a confié n'avoir jamais testé la RV, ne s'y être jamais intéressé, et n'aurait jamais pensé à l'utiliser sans participer à l'étude. Pour favoriser une adhésion à long terme, il paraît donc essentiel d'adapter le contenu du jeu virtuel aux besoins et aux attentes des utilisateurs (8,52), mais de tenir compte également de leur motivation et leur expérience. Cette motivation pourrait être entretenue soit par une variété de jeux différents, soit par la variabilité du jeu lui-même tel que par la difficulté croissante, le temps imparti et l'objectif à atteindre.

De plus, selon Dong (51), chez les personnes âgées, la compréhension a montré des corrélations avec la motivation. A la fin de notre étude, nous avons questionné les participants concernant leur compréhension à l'égard de l'étude auquel ils ont pris part, nous permettant de vérifier la bonne compréhension de l'objectif de l'étude. Cela souligne l'importance d'expliquer le fonctionnement du casque de RV aux personnes âgées, et l'objectif de l'étude.

Ainsi, étant donné la relation entre compréhension et motivation, l'observation des fluctuations de motivation chez les participants pourrait aider à expliquer certains

résultats, en particulier en relation avec l'utilisation des technologies. Une motivation élevée pourrait favoriser de meilleures performances, tandis qu'une motivation plus faible pourrait être liée à des scores inférieurs. Cette idée est corroborée par les résultats obtenus par Li et al (50) dans leur étude qui évalue l'impact d'un jeu RV sur les fonctions cognitives. Ils ont montré par des corrélations que la motivation élevée est associée à de meilleures performances cognitives après utilisation de la RV. Ce qui est également soutenu par Yang et al (53). L'attractivité et le plaisir procurés par la RV, combinés à l'élément jeu, semblent stimuler la motivation des patients augmentant ainsi leur participation.

#### *8. Implications de la réalité virtuelle chez les personnes âgées*

Nos résultats soulèvent plusieurs perspectives quant à l'utilisation de l'iVR auprès d'une population âgée.

Tout d'abord, malgré l'absence d'une amélioration significative de l'activité physique selon nos résultats, il semble signifiant de mettre en avant sa potentielle participation dans la préservation d'une bonne santé. En effet, elle joue un rôle important en motivant les individus à rester actifs et en leur procurant du plaisir lors de la pratique d'exercices physiques (25). Ainsi, la RV pourrait avoir une implication dans la prévention de maladies chroniques telles que les maladies cardiovasculaires, le diabète et le cancer (47). De plus, elle pourrait aussi intervenir dans le maintien des fonctions cognitives et ralentir leur évolution en ayant recours à des programmes de stimulation cognitive (25).

Ensuite, le caractère auto-adaptatif du jeu REAsmash-iVR semble adapté à cette population. La flexibilité de l'auto-régulation présente un potentiel considérable car elle peut être adaptée à chaque individu, ce qui revêt une importance cruciale compte tenu de la diversité au sein de la population âgée (8). Cette adaptation personnalise et contextualise l'expérience de jeu pour chaque utilisateur, augmentant ainsi sa satisfaction tout en améliorant son efficacité (54). L'auto-régulation peut permettre aux participants de s'exercer sur les différents aspects d'une tâche avant de la réaliser dans son ensemble (8). À mesure que le niveau de compétence d'un participant progresse,

ces éléments peuvent être réintégrés dans le monde virtuel, ce qui démontre la capacité de la RV à s'ajuster aux capacités physiques du participant tout en tenant compte de ses limitations (55). L'adaptation personnalisée de la RV s'est révélée bénéfique pour diverses populations tels que les aveugles, les utilisateurs de fauteuils roulants, les enfants et les victimes d'accident vasculaire cérébral (8).

Enfin, la RV présente de nombreux avantages de par sa rentabilité et sa faisabilité à reproduire de façon réaliste les AVJ. Ce qui faciliterait ensuite le transfert des compétences acquises dans le monde réel (52). Notre propre étude, démontrant que les compétences acquises peuvent être appliquées à d'autres tâches en iVR, suggère que les personnes pourraient se sentir plus à l'aise dans certaines AVJ grâce à l'apprentissage acquis via un casque virtuel. L'amélioration de certains paramètres cinématiques observée dans notre étude, comme la fluidité du mouvement et le compromis vitesse précision, ainsi que les performances de dextérité manuelle pourraient faciliter l'autonomie des personnes âgées dans la réalisation de tâches du quotidien.

### *9. Limites*

Cette étude présente plusieurs limites qu'il convient d'examiner plus en détail. Premièrement, la taille de l'échantillon est un point important à considérer. En effet, inclure davantage de participants dans l'étude nous permettrait d'obtenir des résultats plus représentatifs de la population. Deuxièmement, la durée de l'étude et la fréquence d'utilisation quotidienne du jeu sont des éléments cruciaux à prendre en compte. Sur une période de seulement trois semaines dont une semaine d'intervention avec la RV, il est difficile de capturer pleinement les variations de l'activité physique et de la fonction cognitive. Malgré la fiabilité des instruments de mesure comme le GPAQ et le MoCA, cette durée est courte pour affirmer et détecter que les résultats significatifs seraient durables dans le temps. Troisièmement, la variabilité de l'activité physique d'un jour à l'autre peut introduire des biais dans l'analyse des résultats. Les participants pourraient avoir des niveaux d'activité physique différents d'un jour à l'autre, selon la période de l'année, selon le climat et selon leurs activités respectives, ce qui

influencerait les mesures et modifierait les conclusions de l'étude. Quatrièmement, pour une exploration plus approfondie de l'impact de la RV sur les fonctions cognitives, il serait nécessaire d'inclure davantage de tests cognitifs et de prolonger la durée de l'étude. Cela permettrait d'observer les effets à long terme de l'utilisation de la RV sur les performances cognitives, fournissant ainsi des informations plus complètes et précises.

## CONCLUSION

Les capacités physiques et cognitives ont tendance à décliner naturellement au fil du temps. Maintenir une vie active, tant sur le plan physique que sur le plan cognitif, s'avère efficace pour améliorer et préserver ces fonctions. De par cette étude nous avons pu constater que l'utilisation de la RV pouvait contribuer à l'augmentation du compromis vitesse-précision et de la fluidité des mouvements dans des tâches impliquant la réalisation de cercles en iVR, avec des effets persistants une semaine après l'utilisation du casque. Par la suite, les compétences acquises ont pu être transférées vers d'autres tâches, ce qui confirme l'émergence d'un apprentissage moteur. Ce transfert pourrait ensuite être perçu dans les activités du quotidien. Ce qui ouvre des perspectives d'utilisation de la RV dans la réalisation d'AVJ et le maintien d'une autonomie chez les personnes âgées. Pour confirmer le potentiel prometteur d'un jeu virtuel comme REAsmash-iVR, des études de plus grande ampleur, en termes d'échantillon et de temporalité, doivent être menées.

## BIBLIOGRAPHIE

1. Decade of healthy ageing, 2020-2030 [Internet]. 2019. Disponible sur: [https://www.who.int/docs/default-source/documents/decade-of-health-ageing/decade-ageing-proposal-fr.pdf?Status=Temp&sfvrsn=b0a7b5b1\\_12](https://www.who.int/docs/default-source/documents/decade-of-health-ageing/decade-ageing-proposal-fr.pdf?Status=Temp&sfvrsn=b0a7b5b1_12)
2. OMS [Internet]. 2022. Vieillissement et santé. Disponible sur: <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/ageing-and-health>
3. Ameline S, Levannier M. Chapitre 21. Le vieillissement. In: DEAS [Internet]. Paris: Vuibert; 2021. p. 88-93. (AS/AP). Disponible sur: <https://www.cairn.info/deas--9782311660791-p-88.htm>
4. Beard JR, Officer A, de Carvalho IA, Sadana R, Pot AM, Michel JP, et al. The World report on ageing and health: a policy framework for healthy ageing. *The Lancet*. 21 mai 2016;387(10033):2145-54.
5. Guralnik JM, Seeman TE, Tinetti ME, Nevitt MC, Berkman LF. Validation and use of performance measures of functioning in a non-disabled older population: MacArthur studies of successful aging. *Aging Clin Exp Res*. 1 déc 1994;6(6):410-9.
6. de Souto Barreto P, Ferrandez AM. Le processus incapacitant au cours du vieillissement : rôle de l'exercice/activité physique. *Bull Mém Société D'Anthropologie Paris BMSAP*. 1 déc 2007;19(3-4):221-32.
7. Prasertsakul T, Kaimuk P, Chinjenpradit W, Limroongreungrat W, Charoensuk W. The effect of virtual reality-based balance training on motor learning and postural control in healthy adults: a randomized preliminary study. *Biomed Eng Online*. 18 sept 2018;17(1):124.
8. Bauer ACM, Andringa G. The Potential of Immersive Virtual Reality for Cognitive Training in Elderly. *Gerontology*. 2020;66(6):614-23.
9. Pierre. Centre ressource réhabilitation. 2024. Fiche thématique : les fonctions cognitives. Disponible sur: <https://centre-ressource-rehabilitation.org/fiche-thematique-les-fonctions-cognitives>
10. Murman DL. The Impact of Age on Cognition. *Semin Hear*. août 2015;36(3):111-21.
11. Yang Y, Wang D, Hou W, Li H. Cognitive Decline Associated with Aging. *Adv Exp Med Biol*. 2023;1419:25-46.

12. Une vie plus longue, en meilleure santé, pour tous : l’OMS a 75 ans [Internet]. Disponible sur: <https://www.who.int/europe/fr/news/item/04-04-2023-longer--healthier-lives-for-all--who-at-75>
13. Activité physique [Internet]. Disponible sur: <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity>
14. OMS Lignes directrices sur l’activité physique et la sédentarité [Internet]. 2021. Disponible sur: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/349728/9789240032118-fre.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
15. Gates NJ, Rutjes AW, Di Nisio M, Karim S, Chong L, March E, et al. Computerised cognitive training for maintaining cognitive function in cognitively healthy people in late life. *Cochrane Database Syst Rev*. 13 mars 2019;2019(3):CD012277.
16. Santé mentale et vieillissement [Internet]. Disponible sur: <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/mental-health-of-older-adults>
17. Audiffren M, André N, Albinet C. Effets positifs de l’exercice physique chronique sur les fonctions cognitives des seniors : bilan et perspectives. *Rev Neuropsychol*. 2011;3(4):207-25.
18. Krakauer JW. Motor Learning [Internet]. 2019. Disponible sur: [file:///C:/Users/cleor/Downloads/Motor\\_learning\\_PDF\\_updated.pdf](file:///C:/Users/cleor/Downloads/Motor_learning_PDF_updated.pdf)
19. Neural Correlates of Motor Learning, Transfer of Learning, a... : Exercise and Sport Sciences Reviews [Internet]. Disponible sur: [https://journals.lww.com/acsm-essr/fulltext/2010/01000/neural\\_correlates\\_of\\_motor\\_learning,\\_transfer\\_of.3.aspx](https://journals.lww.com/acsm-essr/fulltext/2010/01000/neural_correlates_of_motor_learning,_transfer_of.3.aspx)
20. Ren J, Wu YD, Chan JS, Yan JH. Cognitive aging affects motor performance and learning. *Geriatr Gerontol Int*. 2013;13(1):19-27.
21. Park JH. Does the virtual shopping training improve executive function and instrumental activities of daily living of patients with mild cognitive impairment? *Asian J Psychiatry*. 1 mars 2022;69:102977.
22. Podhorecka M, Andrzejczak J, Szrajber R, Lacko J, Lipiński P. Virtual reality-based cognitive stimulation using GRYDSEN software as a means to prevent age-related cognitive-mobility disorders – a pilot observational study. *Hum Technol*. 31 déc 2021;17(3):321-35.

23. Park JS, Jung YJ, Lee G. Virtual Reality-Based Cognitive–Motor Rehabilitation in Older Adults with Mild Cognitive Impairment: A Randomized Controlled Study on Motivation and Cognitive Function. *Healthcare*. sept 2020;8(3):335.
24. Abbas JR, O’Connor A, Ganapathy E, Isba R, Payton A, McGrath B, et al. What is Virtual Reality? A healthcare-focused systematic review of definitions. *Health Policy Technol*. 1 juin 2023;12(2):100741.
25. Elies C, Serra É. Réalité virtuelle et santé des personnes âgées institutionnalisées. Vers un EHPAD 2.0 ? *Prat Psychol*. 1 déc 2022;28(4):191-207.
26. Audrey A. RÉALITÉ VIRTUELLE EN GÉRIATRIE :
27. Heins S, Dehem S, Montedoro V, Dehez B, Edwards M, Stoquart G, et al. Robotic-assisted serious game for motor and cognitive post-stroke rehabilitation. In: 2017 IEEE 5th International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH) [Internet]. Perth, WA: IEEE; 2017 [cité 5 mai 2024]. p. 1-8. Disponible sur: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7939262/>
28. Levin MF, Weiss PL, Keshner EA. Emergence of Virtual Reality as a Tool for Upper Limb Rehabilitation: Incorporation of Motor Control and Motor Learning Principles. *Phys Ther*. 1 mars 2015;95(3):415-25.
29. Ajana K, Everard G, Lejeune T, Edwards MG. A feature and conjunction visual search immersive virtual reality serious game for measuring spatial and distractor inhibition attention using response time and action kinematics. *J Clin Exp Neuropsychol* [Internet]. 16 mars 2023 [cité 3 mai 2024]; Disponible sur: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13803395.2023.2218571>
30. Deary IJ, Liewald D, Nissan J. A free, easy-to-use, computer-based simple and four-choice reaction time programme: The Deary-Liewald reaction time task. *Behav Res Methods*. 1 mars 2011;43(1):258-68.
31. Hobson J. The Montreal Cognitive Assessment (MoCA). *Occup Med Oxf Engl*. déc 2015;65(9):764-5.
32. Rivière F, Widad FZ, Speyer E, Erpelding ML, Escalon H, Vuillemin A. Reliability and validity of the French version of the global physical activity questionnaire. *J Sport Health Sci*. juill 2018;7(3):339-45.

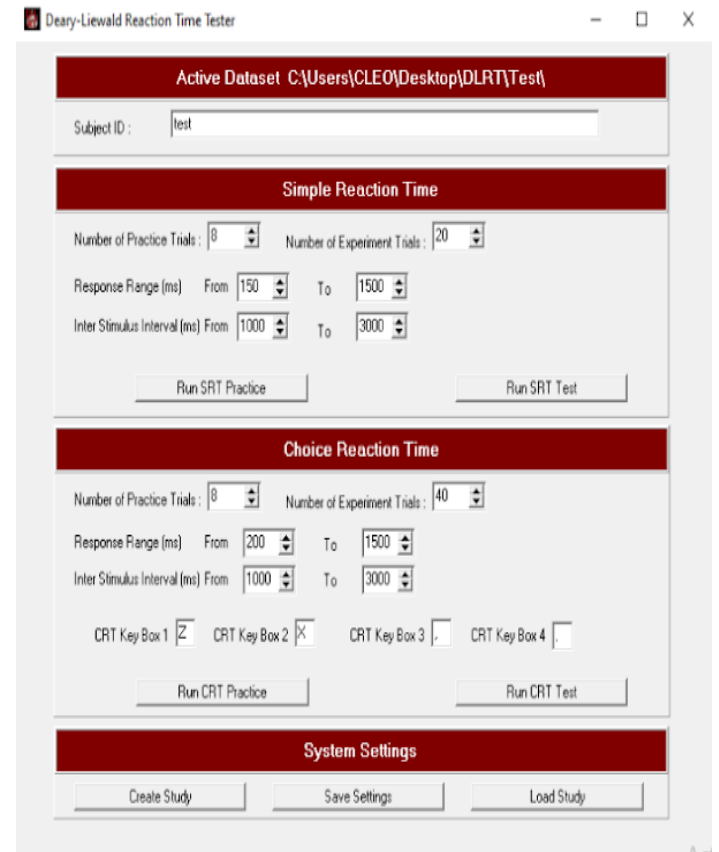
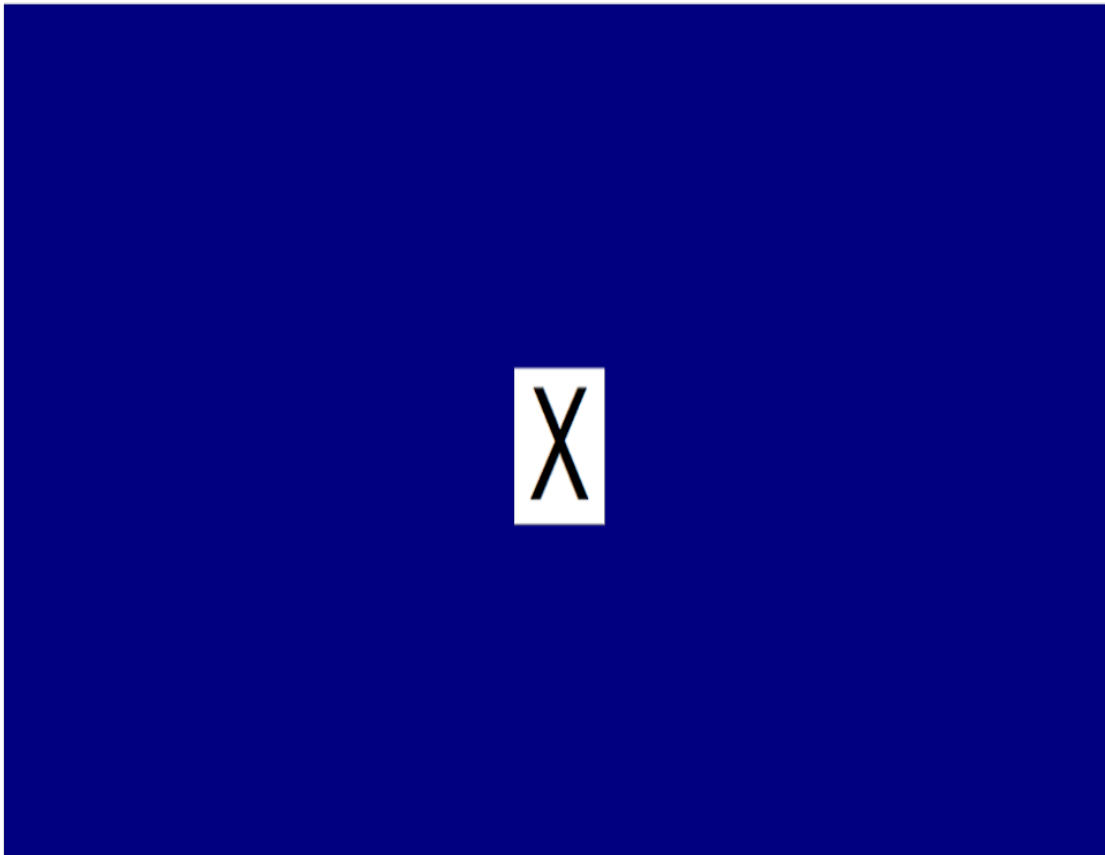
33. HAS - Guide des connaissances sur l'activité physique et la sédentarité [Internet]. 2022. Disponible sur: [https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2022-08/guide\\_connaissance\\_ap\\_sedentarite\\_vf.pdf](https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2022-08/guide_connaissance_ap_sedentarite_vf.pdf)
34. Everard G, Otmane-Tolba Y, Rosselli Z, Pellissier T, Ajana K, Dehem S, et al. Concurrent validity of an immersive virtual reality version of the Box and Block Test to assess manual dexterity among patients with stroke. *J Neuroengineering Rehabil.* 22 janv 2022;19(1):7.
35. Everard G, Boivin S, Boulay G, Duchemin R, Batcho CS. Immersive Virtual Reality to Assess Arm Kinematics among Older Adults with and without Major Neurocognitive Disorder – An Exploratory Cross-Sectional Study. *Neuroscience.* 26 janv 2024;537:47-57.
36. Balasubramanian S, Melendez-Calderon A, Roby-Brami A, Burdet E. On the analysis of movement smoothness. *J NeuroEngineering Rehabil.* 9 déc 2015;12(1):112.
37. Kato N, Iuchi T, Murabayashi K, Tanaka T. Comparison of Smoothness, Movement Speed and Trajectory during Reaching Movements in Real and Virtual Spaces Using a Head-Mounted Display. *Life.* août 2023;13(8):1618.
38. Everard GJ, Lejeune TM, Batcho CS. Visual feedback and age affect upper limb reaching accuracy and kinematics in immersive virtual reality among healthy adults. *Int J Rehabil Res.* sept 2023;46(3):221.
39. Onushko T. , Changki Kim, Evangelos A. Christou. Reducing task difficulty during practice improves motor learning in older adults. *Exp Gerontol.* 1 sept 2014;57:168-74.
40. Gulde P, Schmidle S, Aumüller A, Hermsdörfer J. The effects of speed of execution on upper-limb kinematics in activities of daily living with respect to age. *Exp Brain Res.* juin 2019;237(6):1383-95.
41. Jonsdottir J, Bertoni R, Lawo M, Montesano A, Bowman T, Gabrielli S. Serious games for arm rehabilitation of persons with multiple sclerosis. A randomized controlled pilot study. *Mult Scler Relat Disord.* 1 janv 2018;19:25-9.
42. Foki T, Vanbellinghen T, Lungu C, Pirker W, Bohlhalter S, Nyffeler T, et al. Limb-kinetic apraxia affects activities of daily living in Parkinson's disease: a multi-center study. *Eur J Neurol.* 2016;23(8):1301-7.

43. Foster ER. Instrumental Activities of Daily Living Performance Among People With Parkinson's Disease Without Dementia. *Am J Occup Ther.* 2014;68(3):353-62.
44. Choi YI, Song CS, Chun BY. Activities of daily living and manual hand dexterity in persons with idiopathic parkinson disease. *J Phys Ther Sci.* 2017;29(3):457-60.
45. Yang JG, Thapa N, Park HJ, Bae S, Park KW, Park JH, et al. Virtual Reality and Exercise Training Enhance Brain, Cognitive, and Physical Health in Older Adults with Mild Cognitive Impairment. *Int J Environ Res Public Health.* janv 2022;19(20):13300.
46. Liao YY, Tseng HY, Lin YJ, Wang CJ, Hsu WC. Using virtual reality-based training to improve cognitive function, instrumental activities of daily living and neural efficiency in older adults with mild cognitive impairment. *Eur J Phys Rehabil Med.* févr 2020;56(1):47-57.
47. Drazich BF, Anokye D, Zhu S, Tebeb J, Galik E, Colloca L, et al. Motivating older adults through immersive virtual exercise (MOTIVE): A randomized pilot study. *Geriatr Nur (Lond).* 1 nov 2023;54:229-36.
48. GPAQ analyse guide [Internet]. Disponible sur: <https://www.who.int/docs/default-source/ncds/ncd-surveillance/gpaq-analysis-guide.pdf>
49. Feehan LM, Geldman J, Sayre EC, Park C, Ezzat AM, Yoo JY, et al. Accuracy of Fitbit Devices: Systematic Review and Narrative Syntheses of Quantitative Data. *JMIR MHealth UHealth.* 9 août 2018;6(8):e10527.
50. Li X, Niksirat KS, Chen S, Weng D, Sarcar S, Ren X. The Impact of a Multitasking-Based Virtual Reality Motion Video Game on the Cognitive and Physical Abilities of Older Adults. *Sustainability.* janv 2020;12(21):9106.
51. Dong Y, Liu X, Tang M, Huo H, Chen D, Du X, et al. Age-related differences in upper limb motor performance and intrinsic motivation during a virtual reality task. *BMC Geriatr [Internet].* 2023;23. Disponible sur: <https://www-ncbi-nlm-nih-gov.proxy.bib.uclouvain.be:2443/pmc/articles/PMC10139832/>
52. Buele J, Varela-Aldás JL, Palacios-Navarro G. Virtual reality applications based on instrumental activities of daily living (iADLs) for cognitive intervention in older adults: a systematic review. *J Neuroengineering Rehabil.* 19 déc 2023;20(1):168.
53. Yang S, Chun MH, Son YR. Effect of Virtual Reality on Cognitive Dysfunction in Patients With Brain Tumor. *Ann Rehabil Med.* déc 2014;38(6):726-33.

54. Hocine N, Gouaïch A, Loreto ID. Etat de l'art des techniques d'adaptation dans les jeux ludiques et sérieux.
55. Cooper RA, Ding D, Simpson R, Fitzgerald SG, Spaeth DM, Guo S, et al. Virtual Reality and Computer-Enhanced Training Applied to Wheeled Mobility: An Overview of Work in Pittsburgh. Assist Technol. 30 sept 2005;17(2):159-70.

# ANNEXES

## Annexe 1 : Deary-Liewald Reaction Time Tester (DLRT)



Annexe 2: Montreal Cognitive Assessment (MoCA)

**MONTREAL COGNITIVE ASSESSMENT (MOCA)**  
Version 7.1 **FRANÇAIS**

NOM :  
Scolarité :  
Sexe :

Date de naissance :  
DATE :

<b>VISUOSPATIAL / EXÉCUTIF</b>		Copier le cube		Dessiner HORLOGE (11 h 10 min) (3 points)		<b>POINTS</b>			
						[ ] / 5			
<b>DÉNOMINATION</b>		[ ]		[ ]		[ ]			
<b>MÉMOIRE</b>		Lire la liste de mots, le patient doit répéter. Faire 2 essais même si le 1er essai est réussi. Faire un rappel 5 min après.		VISAGE	VELOURS	ÉGLISE	MARGUERITE	ROUGE	Pas de point
		1 <sup>er</sup> essai							
		2 <sup>ème</sup> essai							
<b>ATTENTION</b>		Lire la série de chiffres (1 chiffre/ sec.). Le patient doit la répéter. [ ] 2 1 8 5 4 Le patient doit la répéter à l'envers. [ ] 7 4 2						___/2	
		Lire la série de lettres. Le patient doit taper de la main à chaque lettre A. Pas de point si 2 erreurs [ ] FBACMNAAJKLBAFAKDEAAAJAMOFAB						___/1	
		Soustraire série de 7 à partir de 100. [ ] 93 [ ] 86 [ ] 79 [ ] 72 [ ] 65 4 ou 5 soustractions correctes : 3 pts, 2 ou 3 correctes : 2 pts, 1 correcte : 1 pt, 0 correcte : 0 pt						___/3	
<b>LANGAGE</b>		Répéter : Le colibri a déposé ses œufs sur le sable . [ ] L'argument de l'avocat les a convaincus. [ ]						___/2	
		Fluidité de langage. Nommer un maximum de mots commençant par la lettre «F» en 1 min [ ] ___ (N≥11 mots)						___/1	
<b>ABSTRACTION</b>		Similitude entre ex : banane - orange = fruit [ ] train - bicyclette [ ] montre - règle						___/2	
<b>RAPPEL</b>		Doit se souvenir des mots SANS INDICES [ ] [ ] [ ] [ ] [ ]		VISAGE	VELOURS	ÉGLISE	MARGUERITE	ROUGE	Points pour rappel SANS INDICES seulement
Optionnel		Indice de catégorie [ ] [ ] [ ] [ ] [ ]							
		Indice choix multiples [ ] [ ] [ ] [ ] [ ]							
<b>ORIENTATION</b>		[ ] Date [ ] Mois [ ] Année [ ] Jour [ ] Endroit [ ] Ville						___/6	
© Z.Nasreddine MD		www.mocatest.org		Normal ≥ 26 / 30		<b>TOTAL</b>		___/30	
Administré par : _____						Ajouter 1 point si scolarité ≤ 12 ans			

## Annexe 3 : Global Physical Activity Questionnaire (GPAQ)

Activité physique			
Je vais maintenant vous poser quelques questions sur le temps que vous consacrez à différents types d'activité physique lors d'une semaine typique. Veuillez répondre à ces questions même si vous ne vous considérez pas comme quelqu'un d'actif.			
Pensez tout d'abord au temps que vous y consacrez au travail, qu'il s'agisse d'un travail rémunéré ou non, de tâches ménagères, de cueillir ou récolter des aliments, de pêcher ou chasser, de chercher un emploi. [Ajouter d'autres exemples si nécessaire] Dans les questions suivantes, les activités physiques de forte intensité sont des activités nécessitant un effort physique important et causant une augmentation conséquente de la respiration ou du rythme cardiaque, et les activités physiques d'intensité modérée sont des activités qui demandent un effort physique modéré et causant une petite augmentation de la respiration ou du rythme cardiaque.			
Question	Réponse	Code	
<b>Activités au travail</b>			
1	Est-ce que votre travail implique des activités physiques de forte intensité qui nécessitent une augmentation conséquente de la respiration ou du rythme cardiaque, comme [boulever des charges lourdes, travailler sur un chantier, effectuer du travail de maçonnerie] pendant au moins 10 minutes d'affilée ? [INSÉRER DES EXEMPLES LOCAUX ET MONTRER LES CARTES]	Oui 1  Non 2 Si Non, aller à P4	P1
2	Habituellement, combien de jours par semaine effectuez-vous des activités physiques de forte intensité dans le cadre de votre travail ?	Nombre de jours <input type="text"/>	P2
3	Lors d'une journée habituelle durant laquelle vous effectuez des activités physiques de forte intensité, combien de temps consacrez-vous à ces activités ?	Heures : minutes <input type="text"/> : <input type="text"/> hrs mins	P3 (a-b)
4	Est-ce que votre travail implique des activités physiques d'intensité modérée, comme une marche rapide ou [boulever une charge légère] durant au moins 10 minutes d'affilée ? [INSÉRER DES EXEMPLES LOCAUX ET MONTRER LES CARTES]	Oui 1  Non 2 Si Non, aller à P7	P4
5	Habituellement, combien de jours par semaine effectuez-vous des activités physiques d'intensité modérée dans le cadre de votre travail ?	Nombre de jours <input type="text"/>	P5
6	Lors d'une journée habituelle durant laquelle vous effectuez des activités physiques d'intensité modérée, combien de temps consacrez-vous à ces activités ?	Heures : minutes <input type="text"/> : <input type="text"/> hrs mins	P6 (a-b)
<b>Se déplacer d'un endroit à l'autre</b>			
Les questions suivantes excluent les activités physiques dans le cadre de votre travail, que vous avez déjà mentionnées. Maintenant, je voudrais connaître votre façon habituelle de vous déplacer d'un endroit à l'autre, par exemple pour aller au travail, faire des courses, aller au marché, aller à votre lieu consacré au culte. [Ajouter d'autres exemples si nécessaire]			
7	Est-ce que vous effectuez des trajets d'au moins 10 minutes à pied ou à vélo ?	Oui 1  Non 2 Si Non, aller à P10	P7
8	Habituellement, combien de jours par semaine effectuez-vous des trajets d'au moins 10 minutes à pied ou à vélo ?	Nombre de jours <input type="text"/>	P8
9	Lors d'une journée habituelle, combien de temps consacrez-vous à vos déplacements à pied ou à vélo ?	Heures : minutes <input type="text"/> : <input type="text"/> hrs mins	P9 (a-b)

Question	Réponse	Code	
<b>Activités de loisirs</b>			
Les questions suivantes excluent les activités liées au travail et aux déplacements que vous avez déjà mentionnées. Maintenant je souhaiterais vous poser des questions sur le sport, le fitness et les activités de loisirs. [Insérer les termes appropriés]			
10	Est-ce que vous pratiquez des sports, du fitness ou des activités de loisirs de forte intensité qui nécessitent une augmentation importante de la respiration ou du rythme cardiaque comme [courir ou jouer au football] pendant au moins dix minutes d'affilée ? [INSÉRER DES EXEMPLES LOCAUX ET MONTRER LES CARTES]	Oui 1  Non 2 Si Non, aller à P13	P10
11	Habituellement, combien de jours par semaine pratiquez-vous une activité sportive, du fitness ou d'autres activités de loisirs de forte intensité ?	Nombre de jours <input type="text"/>	P11
12	Lors d'une journée habituelle, combien de temps y consacrez-vous ?	Heures : minutes <input type="text"/> : <input type="text"/> hrs mins	P12 (a-b)
13	Est-ce que vous pratiquez des sports, du fitness ou des activités de loisirs d'intensité modérée qui nécessitent une petite augmentation de la respiration ou du rythme cardiaque comme la marche rapide [faire du vélo, rager, jouer au volley] pendant au moins dix minutes d'affilée ? [INSÉRER DES EXEMPLES LOCAUX ET MONTRER LES CARTES]	Oui 1  Non 2 Si Non, aller à P16	P13
14	Habituellement, combien de jours par semaine pratiquez-vous une activité sportive, du fitness ou d'autres activités de loisirs d'intensité modérée ?	Nombre de jours <input type="text"/>	P14
15	Lors d'une journée habituelle, combien de temps y consacrez-vous ?	Heures : minutes <input type="text"/> : <input type="text"/> hrs mins	P15 (a-b)
<b>Comportement sédentaire</b>			
La question suivante concerne le temps passé en position assise ou couchée, au travail, à la maison, en déplacement, à rendre visite à des amis, et inclut le temps passé [assis devant un bureau, se déplacer en voiture, en bus, en train, à lire, jouer aux cartes ou à regarder la télévision] mais n'inclut pas le temps passé à dormir. [INSÉRER DES EXEMPLES LOCAUX ET MONTRER LES CARTES]			
16	Combien de temps passez-vous en position assise ou couchée lors d'une journée habituelle ?	Heures : minutes <input type="text"/> : <input type="text"/> hrs mins	P16 (a-b)

## **ABSTRACT**

### **INTRODUCTION**

Le vieillissement est un processus naturel au cours duquel les fonctions du corps, notamment les capacités fonctionnelles et cognitives, peuvent décliner.

Un jeu sérieux auto-adaptatif en réalité virtuelle immersive, “REAsmash-iVR”, a été conçu pour stimuler l’activité du membre supérieur et les processus attentionnels des personnes âgées.

### **OBJECTIFS**

L’objectif de cette étude était d’évaluer l’efficacité de ce dispositif sur l’apprentissage moteur des personnes âgées, ainsi que son impact sur la dextérité manuelle, les fonctions cognitives, le temps de réaction et l’activité physique.

### **MÉTHODE**

L’étude s’est déroulée sur une période de 3 semaines comprenant une semaine d’intervention utilisant le jeu REAsmash-iVR pendant 15 minutes par jour.

### **RÉSULTATS**

Les résultats ont montré une amélioration de la performance/précision ( $p=0,008$ ) et de la fluidité des mouvements ( $p=0,004$ ) dans des tâches impliquant la réalisation de cercles en iVR, avec des effets persistants une semaine après l’utilisation du casque. De plus, une amélioration significative de la dextérité manuelle ( $p<0,001$ ) et des fonctions cognitives ( $p=0,019$ ) a été observée, mais aucune incidence sur le temps de réaction ( $p=0,636$ ) et l’activité physique ( $p=0,764$ ).

### **CONCLUSION**

REAsmash-iVR a donc permis d’améliorer l’apprentissage moteur des personnes âgées, néanmoins des recherches de plus longue durée et à plus grande échelle sont recommandées afin d’évaluer l’efficacité à long terme de ce type de traitement.