



**HAL**  
open science

## Les scénarios de réalité virtuelle à l'épreuve de la chute

Fabien Clanché, Frédéric Muhla, Arnaud Cosson, Gêrôme Gauchard

► **To cite this version:**

Fabien Clanché, Frédéric Muhla, Arnaud Cosson, Gêrôme Gauchard. Les scénarios de réalité virtuelle à l'épreuve de la chute. 29ème conférence francophone sur l'Interaction Homme-Machine, AFIHM, Aug 2017, Poitiers, France. 12 p., 10.1145/3132129.3132148 . hal-01577932

**HAL Id: hal-01577932**

**<https://hal.science/hal-01577932>**

Submitted on 28 Aug 2017

**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.

---

# Les scénarios de réalité virtuelle à l'épreuve de la chute

**F. Clanché**

Faculté des Sciences du Sport de Nancy,  
Université de Lorraine, Villers-Les-Nancy,  
France  
fabien.clanche@univ-lorraine.fr

**F. Muhla**

Faculté des Sciences du Sport de Nancy,  
Université de Lorraine, Villers-Les-Nancy,  
France  
frederic.muhla@univ-lorraine.fr

**A. Cosson**

HRV-Simulation  
Changé, France  
arnaud.cosson@hrv-simulation.com

**G. Gauchard**

Faculté des Sciences du Sport de Nancy,  
Université de Lorraine, Villers-Les-Nancy,  
France  
gerome.gauchard@univ-lorraine.fr

**RÉSUMÉ**

Cette étude vise à proposer une méthode d'évaluation mécanistique de la chute basée sur des situations de la vie quotidienne. Cette méthode repose, pour partie, sur une caractérisation multifactorielle et multi-échelles des sujets sur le plan neuro-physio-psycho-moteur.

**MOTS CLÉS**

Chute, contrôle moteur, vieillissement, maladie de Parkinson, réalité virtuelle & modélisation.

---

Permission to make digital or hard copies of part or all of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. Copyrights for third-party components of this work must be honored. For all other uses, contact the Owner/Author.

IHM '17, August 29-September 1, 2017, Poitiers, France

© 2017 Copyright is held by the owner/author(s).

ACM ISBN 978-1-4503-5109-6/17/08. <https://doi.org/10.1145/3132129.3132148>

## ABSTRACT

This study aims to suggest a mechanistic assessment method of falls, based on real-life situations. This method stands on a Virtual Reality and Metrology platform allowing a multifactorial and multiscale assessment of the subjects on the neuro-physio-psycho-motor level.

## KEYWORDS

Falls, motor control, ageing, Parkinson's disease, virtual reality & modelling.

### ACM Reference format:

F. Clanché, F. Muhla, A. Cosson and G. Gauchard. 2017. Les scénarios de réalité virtuelle à l'épreuve de la chute. In *Proceedings of 29eme Conference Francophone sur l'Interaction Homme-Machine*, Poitiers-Futuroscope, FR, Août 2017 (IHM 2017), 9 pages.

DOI: 10.1145/3132129.3132148

## 1 INTRODUCTION

**Chute** : La chute serait une perte brutale et accidentelle de l'équilibre postural au cours de la marche ou de la réalisation de toute activité faisant tomber la personne sur le sol ou à un niveau plus bas que celui où elle se trouvait initialement. [1]

L'évaluation du risque de chute pourrait-elle devenir plus pertinente et précise avec l'utilisation de la réalité virtuelle ?

### 1.1 La chute

La chute compte parmi les problèmes de Santé Publique les plus fréquents liés au vieillissement et représente un coût humain et financier important pour la société. En France, environ un quart des personnes âgées de 65 à 85 ans déclarent chuter chaque année [2], ce taux étant estimé à plus de 30% dans les pays industrialisés [3]. Les chutes sont souvent intégrées dans les accidents de la vie courante qui sont généralement liés à des maladies chroniques ou à des situations de détresse psychologique. La chute est influencée par l'âge, le genre [4] ou encore le niveau de diplôme [5]. Elle est la cause directe de nombreuses complications parmi lesquelles on trouve les fractures, les hospitalisations prolongées, le déclin fonctionnel, la fragilité et l'institutionnalisation [6], [7], près d'un cinquième des personnes âgées de 55 à 85 ans déclarent avoir limité leurs déplacements en conséquence de la peur de chuter [8].

### 1.2 Le contrôle moteur

Les processus du contrôle moteur ont fait l'objet de nombreuses tentatives de modélisation, on trouve notamment les termes de perception, cognition action et dans certains cas le terme décision

[9]. La perception est l'interprétation des sensations provenant des différents organes sensoriels, informant sur le corps lui-même et sur l'environnement qui l'entoure. La cognition pourra être considérée comme la compilation des informations sensorielles avec l'objectif que le sujet se fixe. La cognition prévoit également un résultat théorique de l'action action qu'il est nécessaire de programmer avec une séquence de contractions musculaires. Pour tout mouvement, hors mouvement balistique rapide, on va observer, au cours du mouvement, la prise en compte des afférences sensorielles. Les sujets comparent l'action réelle à l'action théorique prévue pour pouvoir l'ajuster en cours de manœuvre. On est dans une boucle fermée du contrôle moteur. On peut alors considérer qu'une modification de l'action en cours de mouvement est le résultat d'une nouvelle boucle perception, cognition, action.

L'aspect décisionnel, très important notamment en sport, va influencer le choix de l'action motrice à réaliser pour atteindre l'objectif fixé. Cette décision doit souvent être prise rapidement et pour cela, elle impose une sélection préférentielle des informations pertinentes pour réaliser la meilleure action possible [10]. L'action motrice est sélectionnée généralement dans une stratégie d'efficacité optimale en fonction des capacités intrinsèques du sujet et des contraintes de l'environnement. Dans la vie quotidienne, cette décision peut être influencée par la confiance en ses propres capacités à réaliser une action en conservant son équilibre (peur de chuter) [11].

### **1.3 Le vieillissement**

Le processus de vieillissement peut être considéré comme l'altération progressive des fonctions motrices, sensorielles et cognitives avec l'avancée en âge. Ces altérations peuvent induire des difficultés à réaliser des tâches de la vie courante voire provoquer une dépendance requérant de l'assistance pour réaliser des tâches élémentaires. Ces tâches, plus ou moins complexes, nécessitent le maintien de l'équilibre. Les chutes, engendrées par une défaillance du maintien de l'équilibre, reflètent une dégradation de l'état de santé des sujets et participent aux limitations fonctionnelles et à la perte d'autonomie. La fragilité est généralement accompagnée de caractéristiques telles que la sédentarité, la baisse de force musculaire, la perte de poids qui vont favoriser l'ostéoporose, les chutes et les fractures [11]. Les altérations cognitives liées au vieillissement vont impacter les capacités attentionnelles des sujets. Lors de la réalisation d'une tâche motrice, l'ajout d'une seconde tâche, cognitive, va imposer à la personne de choisir de prioriser une tâche par rapport à l'autre. Généralement, le désir de maintenir son équilibre prime et une personne à qui il est demandé une tâche cognitive pendant la marche va préférer s'arrêter.

### **1.4 Maladie de Parkinson**

La maladie de Parkinson est une maladie neurodégénérative progressive détruisant les neurones à dopamine de la substance noire du cerveau qui sont impliqués dans le contrôle des mouvements. Des complications motrices apparaissent notamment lorsque le traitement ne devient efficace que par périodes dans la journée (ON-OFF) puis dans la phase avancée de la maladie où les signes

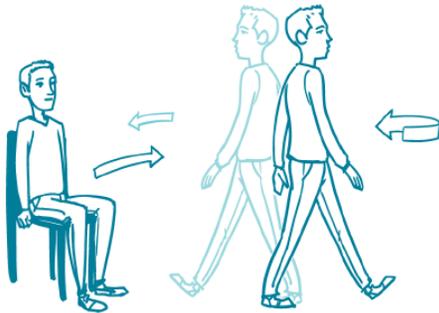


Figure 1 : Illustration du test Timed Up and Go.



Figure 2 : Plateforme dynamique Equitest avec base oscillante et panorama asservi

axiaux deviennent très présents (chutes et pertes d'équilibre, troubles de la déglutition) ainsi que des difficultés intellectuelles. Lors des complications motrices, on peut observer des Freezing of Gait (FOG) [12] qui se caractérisent par une jambe traînante, des piétinements ou des épisodes d'accélération brutale de la marche. Ces blocages surviennent principalement au démarrage, au demi-tour et à l'approche d'un passage étroit.

### 1.5 Évaluation du risque de chute

L'évaluation du risque de chute peut être réalisée de différentes manières, on trouve spécifiquement des tests ou échelles cliniques standards comme le Timed Up and Go (TUG, Figure 1) [13], Tinetti [14], le test d'équilibre unipodal [15], l'échelle d'équilibre de Berg [16], échelle de pour obtenir un score de dépendance visuelle ou vestibulaire.

Morse [17], ou plus récemment le BESTest [18]. Ces tests ont pour avantage de fournir une évaluation relativement simple et rapide à mettre en œuvre pour les professionnels de santé afin d'orienter les patients concernés vers une prise en charge adaptée.

D'autres méthodes de diagnostic utilisent la posturographie statique ou des plateformes dynamiques (Figure 2), elles permettent d'analyser les oscillations de la projection du centre de gravité dans diverses conditions de vision. La plateforme Equitest fournit un score global basé sur deux modalités sensorielles à savoir la vue ou les informations vestibulaires, qui sont préférentiellement utilisées par les sujets. L'analyse quantifiée de la marche (AQM), consiste à analyser conjointement la cinématique de la marche et la cinétique d'un ou plusieurs pas dans le cadre d'une marche automatique, qu'elle soit normale ou pathologique.

### 1.6 Critique

Si les tests et échelles permettent de révéler un risque potentiel de chute, ils ne mettent pas suffisamment en évidence les facteurs prédominants pour une chute particulière. En effet, même si certains questionnaires et tests tentent de contextualiser quant à la réalisation de tâches quotidiennes, leur passation se fait néanmoins dans le cadre clinique. L'AQM fournit, elle, des données sur la marche habituelle, automatisée, sans perturbations particulières.

Ces méthodes sont, pour la plupart, considérées comme des « débrouillages » [3]. L'analyse qu'elles proposent s'appuie essentiellement sur le potentiel moteur des individus, ce que l'on nommerait « corps capable » dans le champ des activités physiques adaptées. Or ce « corps capable » est mobilisé sous couvert de l'intention et des émotions du sujet au moment de réaliser l'action. L'environnement extérieur va jouer sur ces émotions [19]. C'est pour cela qu'il nous semble nécessaire d'évaluer les comportements moteurs des sujets chuteurs en associant aux évaluations existantes la complexité multifactorielle de la chute. La réalité virtuelle permet de contextualiser une tâche motrice commune, habituelle en proposant un environnement jouant sur la sensibilité des sujets. Par exemple, on trouve aujourd'hui en réalité virtuelle des applications ciblées notamment sur la peur de la hauteur. La tâche consiste à marcher sur une planche virtuelle



Figure 3 : Système HTC Vive avec manettes pour interaction avec l'environnement virtuel.



Figure 4 : Réseau de centrales inertielles pour la retranscription en temps réel d'un avatar virtuel reproduisant les mouvements du sujet.

sous laquelle la perspective suggère une hauteur importante. La motricité des sujets sensibles à la peur des hauteurs se trouve modifiée.

## 2 OBJECTIFS

- *Objectif principal* : Proposer une nouvelle méthode d'évaluation du risque de chute pour les personnes âgées et les patients âgés, atteints de la maladie de Parkinson, en analysant la motricité des sujets en interaction avec un environnement virtuel réaliste sollicitant les ressources nécessaires au maintien de l'équilibre.
- *Objectif secondaire* : Les données recueillies serviront de base à un logiciel d'aide à la décision à destination des professionnels en activité physique adaptée pour leur permettre de proposer des exercices pertinents en fonction des caractéristiques et besoins spécifiques des sujets.

## 3 MATÉRIEL ET MÉTHODE

### 3.1. Réalité virtuelle (RV)

**3.1.1. Matériel RV.** La réalité virtuelle telle que nous allons l'utiliser pour notre étude est relativement récente pour des raisons essentiellement technologiques. En effet, les dernières avancées en matière de miniaturisation des pixels couplé à la précision de la détection des mouvements, ainsi que la puissance de calcul pour la retransmission des environnements 3D permettent de proposer une immersion toujours plus poussée.

La technologie actuelle permet une immersion visuelle 3D et sonore, elle permet à la fois une synchronisation du champ visuel sur les mouvements rotatifs du casque et aussi la détection des déplacements dans l'espace dans une zone restreinte. L'ajout de manettes permet l'interaction directe avec les objets virtuels et des capteurs permettent de localiser des objets réels dans l'espace virtualisé. C'est pourquoi il nous semble difficile de transposer les résultats d'études faisant intervenir une technologie plus ancienne offrant moins de possibilités comme Kinect ou Wiiboard par rapport aux attentes actuelles [20]. Nous estimons également que l'utilisation d'un tapis roulant avec la RV est porteur d'un biais dans l'analyse de la motricité, de même qu'il impose une vitesse au sujet ainsi que peu de variabilité dans la marche.

Plusieurs scénarios seront diffusés aux sujets par l'intermédiaire d'un système de type casque HTC Vive avec manettes (Figure 3). L'immersion sonore sera appliquée à l'aide d'un casque circum-aural haute-fidélité. Un avatar, animé par un réseau de centrales inertielles placées sur le sujet sera intégré dans le casque pour offrir la visualisation de leurs mouvements aux sujets (Figure 4).

**3.1.2. Conception des environnements virtuels.** Scène 1 : une scène de type *Cuisine* en U, propose des interactions avec des éléments mobiliers et électroménagers (placards/tiroirs, four, plaque de

cuisson, hotte...). Cette scène est inspirée de la question sur la confiance en son équilibre pour la préparation d'un repas sans port de charge lourde ou chaude du questionnaire FES de Tinetti [21].

Scène 2 : une scène de type *Parc* proposera une contextualisation en vie réelle du test Timed Up and Go [13], dans une condition calme et une condition d'affluence (stimulations visuelles et sonores importantes).

Scène 3 : une scène de type *Rue* propose un parcours en U sur un trottoir bordé d'un côté par des logements urbains et de l'autre côté par la route. Le parcours est parsemé d'obstacles prévisibles : en surface (flaque d'eau), en volume (carton sur le sol) et en hauteur (branche d'arbre) et un obstacle imprévisible aléatoire : sortie précipitée d'un riverain virtuel d'un des trois pas de portes disséminés sur le parcours, à l'approche du sujet. Cette dernière scène devra exploiter au mieux les limites matérielles du HTC Vive avec un espace maximum de 25m<sup>2</sup>.

Ces environnements disposeront d'un rendu réaliste, à la fois visuel et sonore pour proposer une immersion optimale.

3.1.3. *Tâches*. Scène 1 : réaliser une séquence prédéfinie puis aléatoire d'interactions avec l'environnement *Cuisine* sur 3 plans (à gauche, en face, à droite) à 3 hauteurs (bas, moyen, haut).

Scène 2 : Au départ d'une position assise sur une chaise, aller jeter un papier à la poubelle située à 3m devant, puis retourner s'asseoir. Cette tâche est à réaliser une première fois dans un parc calme puis dans ce même parc enrichi de distracteurs : passants, enfants qui jouent...

Scène 3 : Ce parcours est fait deux fois, une première fois sans distracteur, une seconde fois en situation de double tâche : un avatar virtuel marchant à côté discute/questionne le sujet.

## 3.2. Métrologie humaine

3.2.1. Cinématique. Les positions des membres en fonction du temps seront déterminées à l'aide de 8 caméras 3D infrarouges OptiTrack, traquant les membres des sujets par l'intermédiaire de marqueurs réfléchissants passifs rassemblés en clusters et placés sur les segments corporels des sujets. Le réseau de centrales inertielle utilisé pour la restitution d'un avatar virtuel en temps réel du sujet pourra compléter les données des caméras, notamment en cas de difficulté due à la sécurité. Les données cinématiques recueillies lors des scènes 2 et 3 sont en partie inspirées des observables du test Get Up and Go [22] utilisés par les professionnels de santé et des mesures effectuées en AQM, telles que la hauteur/longueur/largeur de pas, les déviations par rapport à la trajectoire linéaire, les différences entre les côtés gauche et droit... etc.

3.2.2. Cinétique. Des semelles de pression F-scan de Tekscan permettront d'analyser les variations de pression sous les pieds et leurs répartitions sur la surface de contact. L'analyse des temps d'appui (simple/double/sans) ou encore la répartition de la masse sur les appuis pourra être recueillie sur tous les parcours à tout moment à la différence d'une plateforme de force plus précise, mais localisée à un endroit précis du parcours.

3.2.3. Physiologie. Des capteurs mesureront la fréquence cardiaque, la fréquence respiratoire et la réponse électrodermale de manière à discriminer le caractère stressant d'une tâche ou d'un



Figure 5 : Sujet partiellement équipé de marqueurs réfléchissants, de centrales inertiels, de capteurs physiologiques et d'un casque de réalité virtuelle.

obstacle de l'effort fourni pour la réalisation du parcours. Ces mesures seront confrontées aux relevés des questionnaires sur la psychologie.

3.2.4. *Attention.* L'attention visuelle sera caractérisée par l'analyse du regard à l'aide d'un système d'eye-tracking Tobii directement intégré dans le casque de réalité virtuelle, de manière à obtenir une cartographie pondérée des zones fixées du regard. A l'instar de l'analyse du regard dans les sports collectifs pour la prise de décision, les objets fixés du regard seront quantifiés au niveau du temps de regard, du nombre ou encore de leur fréquence. La réalité virtuelle offre l'avantage que les objets sont parfaitement identifiés car ils sont préalablement modélisés et placés dans l'environnement virtuel. Cela suggère qu'à l'usage, nous puissions pondérer un niveau de pertinence de certains objets pour le passage d'un obstacle par exemple.

3.2.5. *Psychologie.* Deux questionnaires en lien avec la peur de chuter seront passés : Le Activity-specific Balance Confidence – Scale (ABC-S) [23] qui est une version traduite et simplifiée de la version originale de Powell & Myers [24] ; Le Fall Efficacy Scale [21] dans sa version Internationale proposée par Yardley et al. [25] dont on retrouve une version francophone traduite par Chantal Piot-Ziegler dans un article de France Mourey [26].

Ces questionnaires ont pour objectif de jauger le niveau de confiance des sujets concernant leur équilibre pour réaliser certaines tâches quotidiennes. Associés à des débriefings post-évaluation, nous pourrions expliquer les données physiologiques révélant un stress perçu important dans une situation spécifique. La peur de chuter, qui peut apparaître sans même l'expérience de la chute ou alors après un traumatisme important en conséquence de la chute, contribue à une restriction importante de l'activité des sujets les entraînant dans une spirale fragilisante [11].

Les stratégies de coping seront évaluées par le Ways of Coping Checklist (WCC) revu par Vitaliano et al. [27] dans sa version traduite par Paulhan et al. [28]

### 3.3. Caractéristiques des sujets

Les populations au centre de l'étude seront des personnes âgées (H/F, 65-85 ans) autonomes avec un groupe de non chuteurs ( $PA_{NC}$ ) et un groupe de chuteurs ( $PA_C$  - au moins une chute au cours des 12 derniers mois), ainsi que des patients âgés atteints de la maladie de Parkinson (MP), tous stades de l'échelle de Hoehn & Yahr [29] (H/F, 65-85 ans), dopa sensibles. 25 à 30 sujets par groupe.

### 3.4. Durées de passation

Il faudra en principe compter environ 15 minutes afin d'équiper les sujets (Figure 5).

Les sujets passeront l'ensemble des tests en une inclusion, afin de limiter l'effet de fatigue chez les personnes testées, les tests seront entrecoupés de pauses qui permettront également d'effectuer les débriefings post-évaluation avec un retour la scène vécue.

Timed Up and Go : 3 tests, 10 minutes maximum temps de pause inclus.

Tâche posturale (cuisine) : 10 minutes maximum temps de pause inclus.

Tâche locomotrice (rue) : 2 minutes maximum par séquence, temps total 10 minutes maximum temps de pause inclus.

### 3.5. Traitement des données

Les tests statistiques seront interprétés avec un risque de première espèce  $\alpha$  fixé à 5% et une puissance fixée à 80% en situation bilatérale. Les variables quantitatives seront présentées par leurs moyennes et écart-types. Les variables qualitatives seront, quant à elles, présentées par leurs fréquences. La normalité des variables sera testée à l'aide des tests Skewness et Kurtosis.

Les paramètres quantitatifs recueillis seront soumis à une régression linéaire multiple de manière à discriminer les quels sont les plus corrélés au nombre de chutes ayant eu lieu au cours de l'année précédente, dans un objectif de vérification de la pertinence des paramètres choisis. Une analyse par composante principale décorrèlera les paramètres d'influence équivalente de manière à obtenir l'effet réel du paramètre et non un effet cumulé. Les comparaisons des paramètres obtenus entre les 3 groupes ( $PA_{NC}$ ,  $PA_C$  et MP) seront effectuées à l'aide d'une MANOVA. La validation de l'outil sera possible grâce au suivi des patients pendant un an avec le recueil des chutes pour chaque sujet pour l'analyse de la sensibilité et de la spécificité.



Figure 6 : Premiers visuels de la scène Cuisine modélisée en 3D et interactive.

## 4 RÉSULTATS

A ce jour, les industriels qui collaborent au projet travaillent à la modélisation des environnements virtuels (Figure 6) ainsi qu'à l'intégration du matériel de mesure. Leurs travaux s'orientent vers une automatisation optimale de l'enregistrement des variables attendues pour ces évaluations.

Nous avons pu soumettre ce projet à des spécialistes de l'équilibre travaillant au sein d'un centre de réadaptation pour les troubles de l'équilibre chez des sujets, pour la plupart, âgés. Nous avons pu leur proposer une démonstration à l'aide d'un premier prototype pour un test Timed Up and Go en réalité virtuel avec un sujet âgé chuteur en fin de réadaptation et un sujet âgé atteint de la maladie de Parkinson, également en fin de programme de réadaptation, un troisième sujet plus jeune a participé également. Voici trois des constats qui ont été faits :

- Les sujets âgés n'ont émis aucune réticence à se prêter à la démonstration et n'ont présenté aucune trouble de type Motion Sickness. La sécurité a été assurée par deux médecins/kinésithérapeutes évoluant à proximité des sujets, ce que nous pensons reproduire pour notre étude. Est-ce que la confiance médecin/patient a une influence positive ? La durée des tests limite-t-elle les effets indésirables de la RV ?
- Le sujet atteint de la maladie de Parkinson freeze habituellement et le test proposé comportait environ 5 éléments susceptibles de déclencher un freezing : une initiation de la marche, 2 demi-tours et un passage étroit à passer deux fois), toutefois, aucun FOG n'est apparu. Ce qui va à l'encontre des observations faites par Gilat et al. [30], pour cet unique patient.
- Le patient plus jeune atteint de troubles vestibulaires a déclaré, après essai, s'être senti légèrement désorienté. La réalité virtuelle est aujourd'hui utilisée par des kinésithérapeutes

vestibulaires à la fois pour le diagnostic et la réadaptation, si toutefois celui avec lequel nous avons eu le loisir d'échanger n'a pas constaté de réelle intolérance à la RV, Bergeron et al. [31] propose quelques recommandations et notamment la passation d'un questionnaire validé intitulé « Simulation Sickness Questionnaire » (SSQ). Cependant, Kim et al. [32] ne constatent pas d'effet indésirable chez les sujets âgés et parkinsoniens avec la RV.

Les résultats attendus pour les chuteurs pour les paramètres cinématiques sont des durées de test plus longues, des vitesses d'exécution inférieures et probablement une augmentation de la largeur du polygone de sustentation [11] ainsi que l'apparition de pas protectifs [33]. Du point de vue cinétique, nous attendons des temps de transfert d'un appui sur l'autre plus longs, à relativiser avec les longueurs et largeurs de pas ainsi qu'une répartition des pressions témoignant d'un déroulé du pied moins important que chez les non chuteurs.

Les paramètres physiologiques pourraient montrer un effort plus important chez les chuteurs, conséquence d'une activité à priori restreinte (nous n'avons pas prévu de mesurer l'actimétrie journalière ou hebdomadaire).

L'attention visuelle devrait montrer, soit de la même manière qu'en sport pour des débutants, une prise d'information non pertinente et chronophage, soit une prise d'information ciblée sur l'objet du risque comme les variations de relief du sol, un obstacle mobile comme un piéton. Cela peut être le cas chez les patients Parkinsoniens qui craignent d'être bousculés, car ils se trouveraient en difficulté pour éviter la chute.

L'aspect psychologique devrait montrer des scores attestant d'une peur de chuter ou d'un manque de confiance en son équilibre et le questionnaire sur le coping des stratégies ciblées sur la fuite ou notamment la restriction d'activité. Toutefois, d'autres conséquences du vieillissement peuvent influencer la restriction d'activité comme l'incontinence.

## 5 CONCLUSION

Les interactions de nos sujets avec l'environnement virtuel devraient apporter aux évaluations du risque de chute une contextualisation importante, notamment pour l'identification du défaut au maintien de l'équilibre dans la boucle fermée du contrôle moteur (perception, cognition, décision, action).

## RÉFÉRENCES

- [1] K. Hauer, "Systematic review of definitions and methods of measuring falls in randomised controlled fall prevention trials," *Age Ageing*, vol. 35, no. 1, pp. 5–10, Jan. 2006.
- [2] J.-B. Richard, B. Thélot, and F. Beck, "Les accidents en France: évolution et facteurs associés," *Rev. D'Épidémiologie Santé Publique*, vol. 61, no. 3, pp. 205–212, Jun. 2013.
- [3] Société Française de Documentation et de Recherche en Médecine Générale (SFDRMG), "Prévention des chutes accidentelles chez la personne âgée: argumentaire," *St.-Denis Haute Aut. Santé*, p. 69p, 2005.
- [4] J. A. Painter and S. J. Elliott, "Influence of Gender on Falls," *Phys. Occup. Ther. Geriatr.*, vol. 27, no. 6, pp. 387–404, Dec. 2009.

- [5] J. T. Hanlon, L. R. Landerman, G. G. Fillenbaum, and S. Studenski, "Falls in African American and white community-dwelling elderly residents," *J. Gerontol. A. Biol. Sci. Med. Sci.*, vol. 57, no. 7, pp. M473-478, Jul. 2002.
- [6] P. Dargent-Molina and G. Bréart, "Épidémiologie des chutes et des traumatismes liés aux chutes chez les personnes âgées.," *Rev. Epidemiol. SANTE PUBLIQUE*, vol. 43, no. 1, pp. 72-83, 1995.
- [7] C. Ricard and B. Thélot, "Plusieurs centaines de milliers de chutes chez les personnes âgées chaque année en France," *Bull. Épidémiologique Hebd.*, no. 37-38, pp. 322-4, 2007.
- [8] C. Léon and F. Beck, *Les comportements de santé des 55-85 ans analyses du Baromètre santé 2010*. Saint-Denis: Inpes éd., 2014.
- [9] P. Fuchs, *Le traité de la réalité virtuelle*. Paris: Presses de l'Ecole des Mines, 2006.
- [10] J. N. Vickers, *Perception, cognition, and decision training: the quiet eye in action*. Champaign, IL: Human Kinetics, 2007.
- [11] I. national de la santé et de la recherche médicale (Inserm), *Activité physique et prévention des chutes chez les personnes âgées*. Inserm, 2015.
- [12] N. Giladi and A. Nieuwboer, "Understanding and treating freezing of gait in parkinsonism, proposed working definition, and setting the stage," *Mov. Disord. Off. J. Mov. Disord. Soc.*, vol. 23 Suppl 2, pp. S423-425, 2008.
- [13] D. Podsiadlo and S. Richardson, "The timed 'Up & Go': a test of basic functional mobility for frail elderly persons," *J. Am. Geriatr. Soc.*, vol. 39, no. 2, pp. 142-148, Feb. 1991.
- [14] M. E. Tinetti, "Performance-oriented assessment of mobility problems in elderly patients," *J. Am. Geriatr. Soc.*, vol. 34, no. 2, pp. 119-126, Feb. 1986.
- [15] E. A. Hurvitz, J. K. Richardson, R. A. Werner, A. M. Ruhl, and M. R. Dixon, "Unipedal stance testing as an indicator of fall risk among older outpatients," *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, vol. 81, no. 5, pp. 587-591, May 2000.
- [16] K. O. Berg, S. L. Wood-Dauphinee, J. I. Williams, and B. Maki, "Measuring balance in the elderly: validation of an instrument," *Can. J. Public Health Rev. Can. Sante Publique*, vol. 83 Suppl 2, pp. S7-11, Aug. 1992.
- [17] J. M. Morse, R. M. Morse, and S. J. Tylko, "Development of a Scale to Identify the Fall-Prone Patient," *Can. J. Aging Rev. Can. Vieil.*, vol. 8, no. 04, pp. 366-377, Jan. 1989.
- [18] F. B. Horak, D. M. Wrisley, and J. Frank, "The Balance Evaluation Systems Test (BESTest) to Differentiate Balance Deficits," *Phys. Ther.*, vol. 89, no. 5, pp. 484-498, May 2009.
- [19] T. D. Parsons, "Virtual Reality for Enhanced Ecological Validity and Experimental Control in the Clinical, Affective and Social Neurosciences," *Front. Hum. Neurosci.*, vol. 9, Dec. 2015.
- [20] I. Viaud-Delmon, "Corps, action et cognition: la réalité virtuelle au défi des sciences cognitives," *Intellectica - Rev. L'Association Pour Rech. Sur Sci. Cogn. ARCo*, vol., no. 45, pp. 37-58, 2007.
- [21] M. E. Tinetti, D. Richman, and L. Powell, "Falls efficacy as a measure of fear of falling," *J. Gerontol.*, vol. 45, no. 6, pp. P239-243, Nov. 1990.
- [22] S. Mathias, U. S. Nayak, and B. Isaacs, "Balance in elderly patients: the 'get-up and go' test," *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, vol. 67, no. 6, pp. 387-389, Jun. 1986.
- [23] J. Filiatrault *et al.*, "Evidence of the psychometric qualities of a simplified version of the Activities-specific Balance Confidence scale for community-dwelling seniors," *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, vol. 88, no. 5, pp. 664-672, May 2007.
- [24] L. E. Powell and A. M. Myers, "The Activities-specific Balance Confidence (ABC) Scale," *J. Gerontol. A. Biol. Sci. Med. Sci.*, vol. 50A, no. 1, pp. M28-34, Jan. 1995.
- [25] L. Yardley, N. Beyer, K. Hauer, G. Kempen, C. Piot-Ziegler, and C. Todd, "Development and initial validation of the Falls Efficacy Scale-International (FES-I)," *Age Ageing*, vol. 34, no. 6, pp. 614-619, Nov. 2005.
- [26] F. Mourey, P. Manckoundia, and P. Pfitzenmeyer, "La peur de tomber et ses conséquences: mise au point," *Cah. Année Gériatologique*, vol. 1, no. 2, pp. 102-108, Jun. 2009.
- [27] P. P. Vitaliano, J. Russo, J. E. Carr, R. D. Maiuro, and J. Becker, "The Ways of Coping Checklist: Revision and Psychometric Properties," *Multivar. Behav. Res.*, vol. 20, no. 1, pp. 3-26, Jan. 1985.
- [28] I. Paulhan, J. Nuissier, B. Quintard, F. Cousson, and M. Bourgeois, "[The measurement of 'coping'. French translation and validation of the Vitaliano's scale (Vitaliano et al. 1985)]," *Ann. Med. Psychol. (Paris)*, vol. 152, no. 5, pp. 292-299, Jun. 1994.

- [29] M. M. Hoehn and M. D. Yahr, "Parkinsonism: onset, progression and mortality," *Neurology*, vol. 17, no. 5, pp. 427–442, May 1967.
- [30] M. Gilat, J. M. Shine, C. C. Walton, C. O'Callaghan, J. M. Hall, and S. J. G. Lewis, "Brain activation underlying turning in Parkinson's disease patients with and without freezing of gait: a virtual reality fMRI study," *Npj Park. Dis.*, vol. 1, p. 15020, Oct. 2015.
- [31] M. Bergeron, C. L. Lortie, and M. J. Guitton, "Use of Virtual Reality Tools for Vestibular Disorders Rehabilitation: A Comprehensive Analysis," *Adv. Med.*, vol. 2015, pp. 1–9, 2015.
- [32] A. Kim, N. Darakjian, and J. M. Finley, "Walking in fully immersive virtual environments: an evaluation of potential adverse effects in older adults and individuals with Parkinson's disease," *J. NeuroEngineering Rehabil.*, vol. 14, no. 1, Dec. 2017.
- [33] W.-N. Bair, M. G. Prettyman, B. A. Beamer, and M. W. Rogers, "Kinematic and behavioral analyses of protective stepping strategies and risk for falls among community living older adults," *Clin. Biomech.*, vol. 36, pp. 74–82, Jul. 2016.

Les scénarios de réalité virtuelle à l'épreuve de la chute.

IHM'17, August 2017, Poitiers, FRANCE