

**INSTITUT DE FORMATION  
EN MASSO KINÉSITHÉRAPIE  
DE LA RÉGION SANITAIRE DE LILLE**

**FACULTÉ INGÉNIERIE ET  
MANAGEMENT DE LA SANTÉ  
(ILIS)**

**Nathan BLOTTIAUX**

**LA RÉÉDUCATION DES TROUBLES DE L'ÉQUILIBRE  
CHEZ UN PATIENT PARKISONNIEN.  
PLACE ET INTERETS DE LA RÉALITÉ VIRTUELLE.**  
Une revue de littérature

Sous la direction de Mr. FUKALLA Rémy.

Mémoire entrant dans la validation des :

- UE 28 du Diplôme d'État en Masso-Kinésithérapie
- Master 2 « Ingénierie de la santé », Parcours « Ingénierie des métiers de la rééducation fonctionnelle », Option « Ergonomie »

Membres du jury :

Mme. CANIVET Ludivine Professeur à la Faculté Ingénierie et Management  
de la Santé

Présidente

Mr. FUKALLA Rémy de l'IFMK de la région sanitaire de Lille

Directeur

Mr. GICQUEL de l'IFMK de la région sanitaire de Lille

Membre

Mr. CARON Jean-Philippe de l'IFMK de la région sanitaire de Lille

Membre

Mémoire soutenu en 2021



## **REMERCIEMENTS**

Je tiens à remercier tout d'abord mon directeur de mémoire pour sa disponibilité, ses conseils et son soutien qui m'ont permis l'élaboration de ce travail.

J'adresse également mes remerciements à Monsieur Guillemoto qui m'a aiguillé dans le choix de mon sujet.

Je remercie toute l'équipe pédagogique de l'IKPO pour la formation de qualité qu'elle m'a dispensée.

Je tiens aussi à adresser des remerciements à mes parents qui m'ont accompagné tout au long de mes études et qui m'ont aidé à réaliser ce mémoire ( notamment ma mère pour la relecture ).

Un grand merci à tous mes amis et à Amandine pour leur soutien quotidien.



## TABLE DES ABRÉVIATIONS

MPi : Maladie de Parkinson idiopathique

MP : Maladie de Parkinson

RV : Réalité virtuelle

AINS : Anti-inflammatoire non stéroïdien

SNpc : Substance Noire pars compacta

SNpr : Substance Noire pars réticula

UPDRS : United Parkinson Disease Rating Scale

MDS-UPDRS : Movement Disorders society – UPDRS

NFOG-Q : The New Freezing of Gait-Questionnaire

TM6 : Test de marche de 6 minutes

TUG : Time Up and Go

BBS : Berg Balance Scale

FGA : Functional Gait Assessment

FTSTS : Five Times Sit-To-Stand test

M-PAS : Modified-Parkinson Activity Scale

FES-I : Falls Efficacy Scale-International

ABC : Activities Balance Confidence Scale

ETP : Éducation Thérapeutique du Patient

MK : Masseur-Kinésithérapeute

TR : Tapis roulant

EC : Exercice conventionnel

# TABLE DES MATIÈRES

<b>1</b>	<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>CADRE THÉORIQUE.....</b>	<b>2</b>
2.1	LA MALADIE DE PARKINSON IDIOPATHIQUE (MPI) .....	2
2.1.1	Généralités .....	2
2.1.2	Étiologie .....	3
2.1.3	Physiopathologie.....	3
2.1.4	Évolution de la maladie.....	5
2.1.5	Les différentes formes cliniques .....	7
2.1.5.1	Les symptômes moteurs .....	7
2.1.5.1.1	La triade Parkinsonienne .....	7
2.1.5.1.2	Les troubles de la marche .....	8
2.1.5.1.3	Les troubles de l'équilibre et de la stabilité posturale.....	11
2.1.5.1.4	Autres troubles moteurs.....	12
2.1.5.2	Les symptômes non-moteurs.....	12
2.1.6	Échelles d'évaluation de la MPI.....	13
2.1.6.1	Les échelles spécifiques de la MPI .....	13
2.1.6.2	Les échelles non-spécifiques à la MPI .....	14
2.1.7	Traitement de la MPI.....	15
2.1.7.1	Traitement pharmacologique .....	15
2.1.7.2	Traitement chirurgical.....	16
2.1.7.3	Importance d'une prise en charge pluridisciplinaire.....	16
2.1.8	Traitement par la masso-kinésithérapie de la MPI .....	17
2.1.8.1	Le Bilan Diagnostique Kinésithérapique ( BDK ) .....	17
2.1.8.2	Les objectifs de rééducation .....	18
2.1.8.3	Les moyens utilisés.....	18
2.1.8.4	Intégration des stratégies intentionnelles dans la rééducation.....	19
2.2	LA RÉALITÉ VIRTUELLE .....	20
2.2.1	Définition.....	20
2.2.2	Présentation des différents types de RV.....	21
2.2.2	Les avantages de la RV.....	21
2.2.1	Les inconvénients de la RV .....	22
<b>3</b>	<b>PROBLÉMATIQUE .....</b>	<b>22</b>
<b>4</b>	<b>MÉTHODOLOGIE .....</b>	<b>23</b>
4.1	LE MODÈLE PICO .....	23
4.2	MOTS CLEFS .....	24
4.3	BASES DE DONNÉES .....	24
4.4	ÉQUATION DE RECHERCHE.....	25
4.5	CRITÈRE D'ÉLIGIBILITÉ .....	26
4.6	SELECTION DES ÉTUDES .....	27
<b>5</b>	<b>RÉSULTATS .....</b>	<b>28</b>
5.1	DESCRIPTION GÉNÉRALE DES ÉTUDES.....	28
5.2	ÉVALUATION DE LA QUALITÉ MÉTHODOLOGIQUE DES ÉTUDES RETENUES.....	32
5.3	CARACTÉRISTIQUES DES ÉTUDES RETENUES.....	33
5.3.1	Population.....	33
5.3.2	Intervention.....	33
5.3.2.1	Modalités d'intervention .....	33
5.3.2.2	Présentation du matériel utilisé.....	34

5.3.2.3	Description détaillée des interventions .....	34
5.3.3	<i>Paramètres évalués</i> .....	39
5.4	SYNTHÈSE DES RÉSULTATS .....	39
5.4.1	<i>La marche</i> .....	39
5.4.2	<i>L'équilibre</i> .....	42
5.4.3	<i>Mesure secondaire : la qualité de vie</i> .....	45
<b>6</b>	<b>DISCUSSION</b> .....	<b>46</b>
6.1	ANALYSE DES RÉSULTATS .....	46
6.1.1	<i>Concernant la marche</i> .....	46
6.1.2	<i>Concernant l'équilibre</i> .....	48
6.1.3	<i>Concernant la qualité de vie</i> .....	50
6.2	LIMITE DES ÉTUDES RETENUES .....	51
6.2.1	<i>Concernant la population des études</i> .....	51
6.2.2	<i>Concernant les interventions des études</i> .....	51
6.2.3	<i>Les effets indésirables</i> .....	52
6.2.4	<i>Influence pharmacologique</i> .....	53
6.3	LIMITE DE LA REVUE .....	53
6.4	PERSPECTIVE DE RECHERCHE .....	54
<b>7</b>	<b>CONCLUSION</b> .....	<b>55</b>
<b>8</b>	<b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....	<b>56</b>
<b>9</b>	<b>ANNEXES</b> .....	<b>61</b>

# 1 INTRODUCTION

Au fur et à mesure des années, il a été recensé une augmentation du vieillissement de la population mondiale. En effet, la France compte plus de 19,6% de personnes âgées de plus de 65 ans ( Insee, Tableau de l'économie Française 2018 ).

Cette tendance continuera à se poursuivre, engendrant l'augmentation du nombre de maladies neurodégénératives. Parmi elles, nous trouvons la maladie de Parkinson idiopathique ( MPI ) qui est aujourd'hui la deuxième maladie neurodégénérative la plus fréquente en France après la maladie d'Alzheimer, et qui concerne plus de 166 000 personnes (1).

Ces pathologies sont à caractère neurodégénératif et chronique, ce qui induit une prise en charge longue (2). Le regard doit donc être porté sur la qualité de la relation entre le patient et le praticien de santé, car celui-ci sera l'un des principaux interlocuteurs du patient durant tout le temps de sa rééducation. De plus, il se devra d'ajouter à la prise en charge du patient une éducation thérapeutique : cela vise à rendre le patient acteur dans la prise de décision adaptée à sa pathologie, ce qui lui permet ainsi d'acquérir de nouvelles compétences ou tout au moins de maintenir celles acquises au cours de son parcours de soins (3).

Outre son caractère chronique et dégénératif, la Maladie de Parkinson se caractérise plus précisément par des symptômes moteurs dont les plus connus sont : la rigidité musculaire, les tremblements au repos, la bradykinésie ( des mouvements lents ), la perte d'équilibre, l'augmentation du risque de chute, des troubles comportementaux comme la dépression ou encore l'anxiété ainsi que des troubles non moteurs comme l'insomnie (4). À ce jour, il n'existe aucun traitement pour abolir ces troubles moteurs ( HAS, Maladie de Parkinson, Octobre 2017 ).

Ici, le rôle du kinésithérapeute va être d'optimiser les capacités fonctionnelles et de minimiser les complications secondaires grâce à la rééducation du mouvement dans un contexte d'éducation et de soutien du patient. L'objectif global est de favoriser l'indépendance, la sécurité et le bien-être, pour améliorer la qualité de vie du patient (4).

Cependant, ces dernières décennies ont été le terrain de nombreuses innovations technologiques, notamment dans le domaine de la médecine. En effet, ces innovations



font désormais partie intégrante de notre quotidien et pourraient donner suite à de nouvelles méthodes, de nouveaux axes de traitement ainsi que de nouveaux modes de suivi du patient atteint d'une maladie chronique.

C'est dans ce contexte que mes recherches se sont axées sur la réalité virtuelle, une technologie prometteuse permettant la pratique répétitive des mouvements, le retour d'informations sur ses performances, une meilleure intégration des signaux visuels / proprioceptifs et enfin la motivation du patient, tous ces éléments qui sont essentiels à la rééducation motrice (5).

La question suivante se pose alors : la réalité virtuelle améliore-t-elle la prise en charge des troubles de l'équilibre chez un patient parkinsonien idiopathique ?

## **2 CADRE THÉORIQUE**

### **2.1 LA MALADIE DE PARKINSON IDIOPATHIQUE (MPI)**

#### *2.1.1 Généralités*

La maladie de Parkinson a été pour la première fois décrite il y a deux siècles par James Parkinson comme étant « une paralysie tremblante ». La maladie de Parkinson idiopathique ( MPI ) est une maladie neurodégénérative chronique et progressive caractérisée par le décès précoce des neurones dopaminergiques dans la substance noire. Le déficit en dopamine, qui en résulte dans les noyaux gris centraux, conduit à un trouble du mouvement caractérisé par des symptômes moteurs parkinsoniens classiques (6)(7).

Désignée comme la deuxième maladie neurodégénérative la plus fréquente, la MPI touche chaque année plus de 25 000 personnes en France avec une prédominance chez les hommes ( touchés 1,5 fois de plus que les femmes ). Sa fréquence augmente également avec l'âge où plus de la moitié des patients atteints de la MPI ont plus de 75 ans. Les estimations prévisionnelles pour 2030 concernant l'évolution du nombre de patients atteints de cette maladie seraient en nette augmentation ( voir doublerait en nombre ) (1)(6).

### 2.1.2 Étiologie

Encore aujourd'hui, les chercheurs s'accordent à dire que l'origine de la MPi est encore inconnue (6)(7)(8). Comme expliqué précédemment, l'âge reste l'un des premiers facteurs de risque quant à la survenue de la maladie avec une prédominance chez le genre masculin. Cependant, elle pourrait être aussi le résultat d'une combinaison de facteurs génétiques et environnementaux. En effet, certaines études montrent une corrélation entre certains facteurs de risques environnementaux et l'apparition de la MPi. On retrouve parmi ces risques : l'exposition aux produits neurotoxiques comme les herbicides, pesticides ( comme le métabolite actif de la 1-méthyl-4-phényl-1,2,3,6-tétrahydropyridine (MPTP) ) qu'on retrouve dans les métiers agricoles en zone rurale, les lésions cérébrales suite à un traumatisme, l'exposition aux métaux lourds, l'anesthésie générale ou encore les méthamphétamines, favoriseraient l'apparition de la MPi. (6)(9)(10)(11). À l'inverse de ces différents facteurs, la consommation de café, les anti-inflammatoires non-stéroïdien, le tabagisme ( où l'une des hypothèses retenue serait que l'exposition à la nicotine réduirait la dégradation des cellules neuronales dopaminergiques ) et l'activité physique, diminueraient la survenue de la MPi (6)(9)(10)(11).

Bien qu'il existe d'autres facteurs environnementaux ( comme la prise de bétabloquants dans le traitement de l'hypertension artérielle ) favorisant la survenue de la MPi, le nombre d'études prouvant leur incrimination reste à ce jour encore faible et peu fiable.

Au niveau de la génétique, les antécédents familiaux ( notamment la mutation du gène l'a-synucléine ) constituent également un facteur pour l'apparition de la maladie (6)(10)(11).

### 2.1.3 Physiopathologie

La maladie de Parkinson est une maladie qui se caractérise par une dégénérescence précoce des neurones dopaminergiques au niveau de la substance noire associée à une accumulation de protéines alpha-synucléine aussi appelées Corps de Lewy. Elle affecte le système nerveux central et plus particulièrement les voies extrapyramidales. Celles-ci représentent le siège de la planification automatique et la programmation du

mouvement permettant l'exécution automatique des schémas moteurs précédemment acquis. C'est au sein de cette voie que l'on retrouve les noyaux gris centraux, plus particulièrement la substance noire (6)(12).

D'un point de vue anatomique, ces noyaux gris centraux ( également appelés ganglions de la base ) comprennent : le striatum ( qui est un regroupement de deux noyaux : le noyau caudé et le putamen ), le noyau sous-thalamique, le globus pallidus ( ou pallidum ) et la substance noire ( ou Locus Niger ). Ces ganglions sont reliés sous la forme d'une boucle incluant le cortex moteur et le thalamus appelée la boucle cortico-striato-pallido-thalamo-corticale. Cette boucle agit de la manière suivante : le thalamus exerce une stimulation sur le cortex cérébral. Cette stimulation est régulée par le globus pallidus qui agit de manière inhibitrice sur le thalamus. Cette inhibition est à son tour régulée sous l'action du striatum.

La substance noire est divisée en deux parties : la pars compacta ( SNpc ) et la pars réticula ( SNpr ). La SNpr contrôle les mouvements de type axiaux tandis que la SNpc assure le contrôle des membres. En effet, la SNpc comporte des neurones, où le prolongement axonal des corps cellulaires en direction des noyaux de base et plus particulièrement au niveau du Striatum, ont pour neurotransmetteur la dopamine. Cette dernière représente la voie dopaminergique ( également appelée la voie nigro-striée ) (6)(12)(13).

Pour qu'il y ait un mouvement, il faut qu'il y ait une transmission d'informations allant du cortex moteur au striatum. Les neurones dopaminergiques vont libérer dans la fente synaptique de la dopamine. Celle-ci va agir de deux manières différentes : l'une par une voie neuronale directe où elle va se fixer sur des récepteurs excitateurs (D1), l'autre par une voie neuronale indirecte où la dopamine va se fixer sur des récepteurs inhibiteurs (D2). Ces récepteurs se retrouvent au niveau du striatum dorsal ( putamen et noyau caudé ). L'activation de la voie neuronale directe ( donc excitateur ) va induire la stimulation du thalamus par la substance noire. Le thalamus va stimuler le cortex moteur, ce qui va produire un mouvement (6)(12)(13).

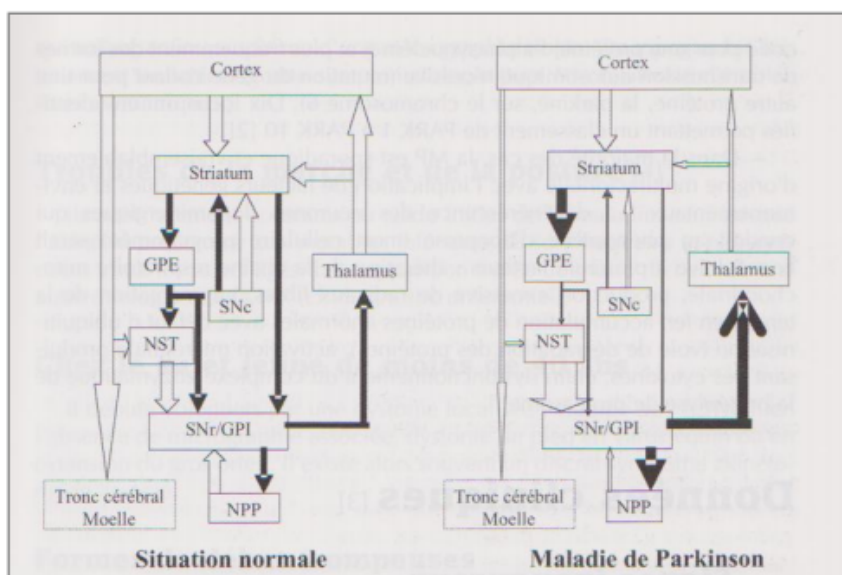


Figure 1: Schéma de l'organisation fonctionnelle du circuit moteur des noyaux gris centraux dans la situation normale et la MP (Defebvre, 2006)

GPE : globus pallidus externe, GPI : globus pallidus interne, NS : noyau subthalamique, SNc : substance noire pars compacta, SNr : substance noire pars reticulata, NPP : noyau pédonculo-pontin. En blanc : liaison excitatrice. En noir : liaison inhibitrice

Dans la MPI, il y a une destruction de la substance noire. Cette destruction va provoquer un déficit en dopamine et donc une inhibition du thalamus et du cortex moteur. L'un des marqueurs de la MPi est l'augmentation du nombre de Corps de Lewy. Ils sont naturellement présents dans les neurones au niveau des noyaux et des synapses mais, en quantité trop importante, ils provoquent la dégénérescence des neurones dopaminergiques. Cependant, la MPi est aussi responsable de la dégénérescence de neurones autre que ceux dopaminergiques. On retrouve une atteinte des neurones cholinergiques, sérotoninergiques, noradrénergiques, des neurones périphériques du système nerveux autonome et ceux du bulbe olfactif. Cela explique une grande diversité des tableaux cliniques entre les patients (6)(12).

#### 2.1.4 Évolution de la maladie

La MPi est une maladie évolutive qui se traduit à travers quatre phases : la phase pré-symptomatique, la phase dite « Lune de miel », la phase où la maladie est installée et la phase de déclin moteur (7)(14).

La première phase est la phase pré-symptomatique. Elle est caractérisée par un début insidieux avec une modification de la voix, une perte d'odorat, des troubles du sommeil, des troubles digestifs ( comme la constipation ). Cette phase est installée depuis plusieurs années avant l'annonce du diagnostic de la MPI. En effet, au début de la maladie, le cerveau arrive à suppléer la dégénérescence des neurones dopaminergiques. Ce n'est que lorsqu'ils ont diminué de moitié que les premiers symptômes moteurs apparaissent (13)(15).

C'est à la suite que l'on retrouve la phase dite « Lune de miel ». Elle correspond à la phase où la MPI est diagnostiquée. Les premiers symptômes moteurs ainsi que leur retentissement sur la vie quotidienne du patient apparaissent, et de manière asymétrique. L'ensemble de ces troubles forme une triade symptomatique caractérisée par des tremblements, de l'akinésie et de l'hypertonie plastique. On retrouve également des troubles de la posture, un défaut d'équilibre et des troubles psychiques tels que l'anxiété. Ils ne sont pas obligatoirement tous présents lors du diagnostic, et leur intensité varie en fonction du patient. De plus, la prise d'un traitement dopaminergique permet une diminution des troubles moteurs. L'efficacité du traitement permet au patient d'être peu gêné par ces symptômes sur une durée moyenne de six à huit ans. (7)

Après la phase dite « Lune de miel », on retrouve la phase de la maladie installée. Elle correspond à l'apparition des complications motrices dues au traitement qui ne devient efficace que par intermittence sur les symptômes. En conséquence, cela entraîne l'apparition de mouvements involontaires appelés dyskinésie. Le patient traverse des périodes de bien-être appelées « phases on » entrecoupées de périodes de blocage ou de mouvements involontaires appelés « phases off ». L'équilibre que procure le traitement devient plus difficile à tenir. On constate un accroissement des symptômes présents à la phase précédente. S'ajoutent à ces symptômes des troubles neurovégétatifs ( vésico-sphinctériens, digestifs ), des troubles sensitifs douloureux et des troubles cognitifs ( altération de l'attention et de la mémoire ).

La dernière phase est une phase de déclin moteur et cognitif. Le traitement médicamenteux, qui permettait d'atténuer les troubles acquis au cours des phases précédentes, se voit de moins en moins efficace. Les conséquences de la MPI sur la vie quotidienne du patient sont marquées par une majoration des déformations posturales, des troubles de la marche, des troubles neuro-végétatifs. En conséquence, il est soumis à un risque important de chute. En plus du déclin moteur, l'avancement

de la maladie ainsi que les effets secondaires du traitement dopaminergique induisent des troubles cognitifs et psychiques ( tels que l'apparition de démence ) (16)(13).

L'évolution de la MPi tend vers une perte d'autonomie du patient. Celui-ci ne sera plus en capacité d'assurer seul ses tâches de la vie quotidienne. L'ensemble de ces complications devient un handicap majeur pour le patient (17).

### *2.1.5 Les différentes formes cliniques*

Les premiers symptômes de la maladie apparaissent souvent de manière insidieuse et intermittente, ce qui a tendance à retarder le diagnostic. Ils sont divisés en deux groupes : les symptômes moteurs et les symptômes non-moteurs.

#### *2.1.5.1 Les symptômes moteurs*

##### *2.1.5.1.1 La triade Parkinsonienne*

On retrouve trois principaux troubles : l'akinésie, l'hypertonie plastique et les tremblements au repos. Ils forment une triade motrice symptomatique, plus communément appelée «la triade parkinsonienne ».

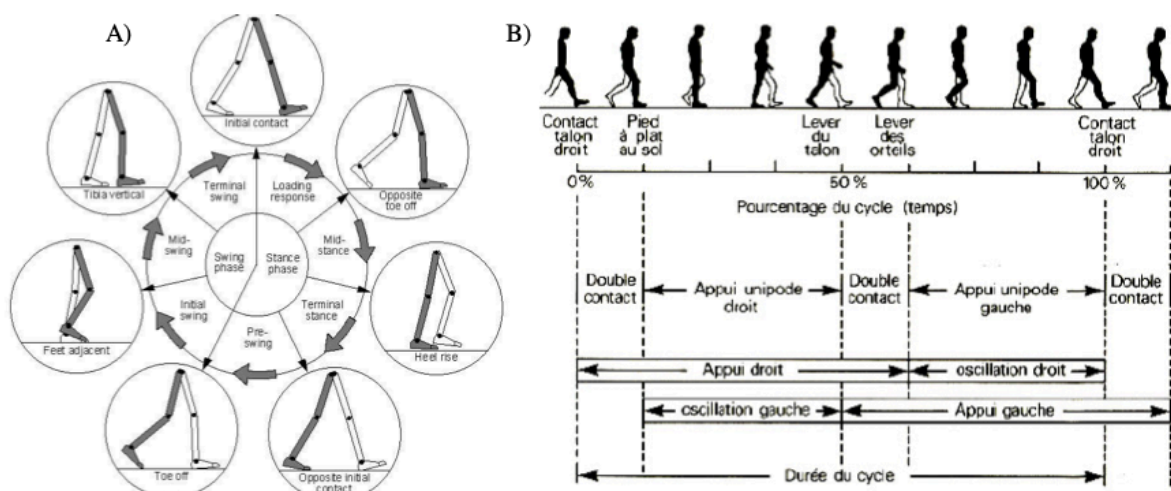
L'akinésie est décrite par une diminution ainsi qu'un ralentissement des mouvements. En effet, les patients éprouvent de la difficulté à exécuter des mouvements rapides. L'akinésie a également un impact sur la préhension fine ( comme faire ses lacets, boutonner une chemise, écrire... ), sur la marche ( le ballant du bras et l'amplitude du pas se voit diminuer), sur le changement de position ( le demi-tour est décomposé ). Il y a également une altération des mimiques du visage ( hypomimie ) ainsi que de la parole entraînant une dysarthrie avec une dysphonie (18).

L'hypertonie plastique est décrite comme une raideur perçue sur toute l'amplitude d'un mouvement. Elle entraîne une résistance homogène et continue à l'allongement passif d'un muscle, évoquant celle d'« un tuyau de plomb ». Cette résistance pourra céder au prolongement de l'étirement sous forme de saccade appelé « roue dentée ». On retrouve cette hypertonie au niveau des muscles fléchisseurs qui va être caractéristique de la posture dite « en triple flexion » au cours de la marche par une flexion exagérée du cou, du tronc, des membres supérieurs et inférieurs (13)(18)(19).

Les tremblements au repos sont caractéristiques de la MPI. Ils sont traduits par des mouvements « lents, amples et réguliers ». Ils peuvent être accentués par le froid, le stress, ou lors d'un effort de concentration. Ils tendent à disparaître lors d'un relâchement musculaire complet ou lors du sommeil. La topographie de ces tremblements est typiquement unilatérale et intéresse majoritairement les extrémités des membres, notamment celles des membres supérieurs. Ces tremblements peuvent être également observés au niveau de la mandibule. Les yeux ainsi que le cou sont le plus souvent épargnés (13)(18)(19).

#### 2.1.5.1.2 Les troubles de la marche

Dans un premier temps, il sera exposé quelques définitions de la marche physiologique, puis dans un second temps on parlera des troubles.



Le cycle de la marche s'évalue pour un membre inférieur à la fois.

Il existe deux grandes phases décomposant le cycle de la marche : la phase d'appui et la phase d'oscillation.

Tout d'abord : la phase d'appui. Elle est comprise entre 0% et 60% du cycle de la marche. Cette phase commence lorsque le talon entre en contact avec le sol et se

termine lorsque le talon décolle du sol. Elle est divisée en quatre sous-phases. On retrouve :

- La phase de mise en charge ( 0% à 10% du cycle de la marche ).

Elle débute par le contact initial du talon du pied avec le sol ( 0% à 2% ) et se caractérise par le lever du pied opposé. Le rôle de cette phase est d'obtenir un report de poids vers la jambe en phase d'appui ainsi que d'absorber les chocs et de conserver la vitesse de marche tout en maintenant l'équilibre. Elle marque le premier temps d'appui bipodal.

- La phase du milieu d'appui ( 10% à 30% du cycle de la marche ).

Elle a pour rôle de faire avancer le corps au-dessus du pied en appui. Elle se termine lorsque le centre de gravité est aligné avec l'avant-pied. Elle correspond à la première moitié de l'appui unipodal.

- La phase de fin d'appui ( 30% à 50% du cycle de la marche ).

Elle se caractérise par l'avancée du corps jusqu'au contact du pied opposé avec le sol. Elle correspond à la deuxième moitié de l'appui unipodal.

- La phase pré-oscillatoire. ( 50% à 60% du cycle de la marche ).

Cette phase correspond à la propulsion du corps vers l'avant avec un report de poids vers la jambe controlatéral qui entre en phase d'appui. Elle marque le deuxième temps d'appui bipodal.

En conclusion, les sous-phases de milieu d'appui et de fin d'appui sont des périodes d'appui monopodal. Les sous-phases restantes sont des périodes de double appui (20)(21)(22).

Puis vient ensuite la phase oscillante, qui est comprise entre 60% et 100% du cycle de la marche.

Elle est divisée en trois sous-phases :

- La phase de début d'oscillation ( 60% à 73% du cycle de la marche )

Elle marque le premier tiers de la phase oscillante. Elle permet au membre oscillant, lorsque celui avance, de ne pas avoir de contact avec le sol. Elle se termine lorsque le pied oscillant arrive en regard du pied controlatéral.

- La phase de milieu d'oscillation ( 73% à 86% du cycle de la marche )

Elle marque le deuxième tiers de la phase oscillante. Elle se termine lorsque le tibia est à la verticale.

- La phase de fin d'oscillation ( 86% à 100% du cycle de la marche )

Elle marque le dernier tiers de la phase oscillante (20)(21)(22).



Il existe des paramètres spatio-temporels qui décrivent la marche. On retrouve :

- « La distance entre deux contacts au sol du même membre inférieur ». Ce paramètre correspond à la longueur du pas ( évaluée en mètre ). Elle est égale à un mètre chez les sujets jeunes et diminue avec le vieillissement.
- « La distance entre l'orteil du pied d'appui et le talon du pied oscillant qui se pose sur le sol ». Ce second paramètre définit la longueur de la foulée.
- La cadence de la marche. Elle calcule le nombre de pas par minute.
- La vitesse de la marche. Elle est calculée en mètre pas seconde.
- La durée de la phase oscillante et de celle la phase d'appui qui sont calculées en pourcentage de cycle (20)(21).

De plus, on retrouve un mouvement de balancier des membres supérieurs permettant d'équilibrer le tronc lors de l'attaque du talon au sol. Ce mouvement provoque une dissociation des ceintures pelviennes et scapulaires (20)(21).

Les troubles de la marche représentent un symptôme moteur important au sein de la MPi. Initialement discrets, ils se développent plus tardivement (18).

On remarque ainsi une longueur de pas réduite; également, les demi-tours sont décomposés, les pieds traînent au sol, la dissociation des ceintures tend à disparaître, une présence d'asymétrie et une perte du ballant des bras. Les troubles de la marche sont aussi induits par une exagération de la posture du sujet en semi-flexion ( c'est à dire par la flexion au niveau de la tête, des épaules et du tronc ) (13).

On retrouve également deux types de manifestation qui s'associent à ces troubles :

Le « freezing » tout d'abord, appelé aussi « blocage moteur ». Il se définit par une interruption brutale de la marche et survient plus particulièrement lors d'un franchissement d'obstacles ou lorsque le sujet effectue un demi-tour. Il peut apparaître également au cours de la marche ou lors de l'initiation au mouvement. De plus, la manifestation de ce phénomène peut être aggravée par la réalisation d'une double tâche ( comme parler en marchant ) et par les émotions ( par exemple le stress ).

Le « freezing » représente un phénomène de nature intermittente et son apparition peut provoquer de la surprise chez le sujet majorant ainsi le risque de chute (18)(23).

Le deuxième type de manifestation est « la festination ». Elle se caractérise par un piétinement rapide. Le sujet voit sa fréquence de marche augmenter et une diminution de la longueur de pas (13)(18).

### 2.1.5.1.3 Les troubles de l'équilibre et de la stabilité posturale

Chez un sujet sain, la stabilité posturale se traduit par un contrôle de la position du corps permettant de garder l'équilibre en position statique ou dynamique.

Elle dépend de la capacité à maintenir la projection de la verticale du centre de gravité sur le sol, autrement dit à l'intérieur du polygone de sustentation (24).

L'équilibre postural requiert une interaction complexe entre les informations sensorielles ( qui donnent des renseignements sur la position du corps dans l'espace au sein de l'environnement qui l'entoure ) et la réponse motrice ( qui permet de garder l'équilibre ) (24).

Chez un sujet atteint de MPI, on retrouve une posture en flexion de hanches et genoux ainsi qu'un enroulement des épaules vers l'avant qui, à partir d'un stade avancé de la maladie, entraînera une camptocormie ( flexion de la colonne thoraco-lombaire sur le bassin d'au moins 45° ). À cette antéflexion peut s'ajouter une flexion anormale de la tête ( appelée « syndrome de la tête tombante » ) (25). On retrouve des déformations rachidiennes comme une cyphose marquée avec une possible inclinaison latérale du tronc ( syndrome de la tour de Pise ). Les troubles de l'équilibre se traduisent par une réduction du tonus postural menant à une altération de la fonction des muscles extenseurs (26)(13). L'instabilité posturale se définit par les présences de troubles de la coordination, d'ajustements posturaux et d'anticipation, une diminution du contrôle sensoriel ainsi qu'une altération de la stabilité lors de tâches simultanées. La rétropulsion du patient est l'un des principaux troubles de l'équilibre reportant le centre de gravité du corps vers l'arrière en position debout ou assise (25)(18).

L'altération de la posture ainsi que l'instabilité posturale chez un patient Parkinsonien augmentent considérablement le risque de chute. Elles sont la source de conséquences néfastes pouvant entraîner des blessures, des fractures ( notamment celle du col du fémur ) et donc une aggravation du handicap. En conclusion, elles sont lourdes de conséquence sur le plan physique mais aussi psychologique, provoquant une peur de tomber et une perte d'autonomie. Elles peuvent mener à terme à un placement en institution (13)(18).

#### 2.1.5.1.4 Autres troubles moteurs

Il existe d'autres troubles moteurs comme les troubles de la parole.

Ils représentent un des troubles caractéristiques de la maladie de Parkinson avec la prosodie, c'est à dire que l'intonation, le ton, la tonalité, l'accent, sont altérés précocement.

Ce n'est que tardivement qu'apparaît une dysarthrie provoquant un discours lent et difficilement compréhensible (18).

De plus, on retrouve également des troubles de la déglutition ( fausse route lors de l'ingestion d'un liquide ou d'un solide ) qui représentent un signe de gravité de la MPi (18).

#### 2.1.5.2 Les symptômes non-moteurs

S'ajoutent aux troubles moteurs, des symptômes non-moteurs. Ils sont perçus dans la majorité au moment de la phase pré-symptomatique de la MPi, avant l'apparition des troubles moteurs (27).

Parmi ces troubles non-moteurs, on retrouve :

- Les troubles psychiques avec la dépression, l'anxiété qui s'accompagnent souvent d'une forte apathie.
- Les troubles cardiovasculaires qui se traduisent par de l'hypotension orthostatique ( notamment aggravés par la prise de traitement dopaminergique ).
- Les troubles digestifs, dont le plus fréquent est la sialorrhée ( production excessive de salive ) qui représenterait plutôt un signal précoce des troubles de la déglutition.
- La constipation qui est l'un des troubles non-moteurs le plus courant pouvant être responsable de complications graves comme des occlusions intestinales.
- L'apparition de troubles cognitifs caractérisés par un déficit croissant de la fonction exécutive ( altération de l'attention, de la planification, de l'exécution d'une action ) et l'apparition de troubles mnésiques.
- Les troubles du sommeil : ils résultent d'une pollakiurie nocturne, d'apnée du sommeil, provoquant des réveils itératifs.

- Les troubles vésico-sphinctériens : la dégénérescence de la boucle nigro-striée supprime l'influence inhibitrice du déclenchement du réflexe mictionnel. Cela mène à une hypocontractilité de la vessie et une hyperactivité du détrusor. Des mictions impérieuses, d'abord nocturnes, puis diurnes, en résultent.
- Les troubles sexuels qui, suite au contexte de la maladie, participent considérablement à la diminution de la qualité de vie du patient.
- Les troubles démentiels tels que l'apparition d'hallucinations visuelles, qui sont rarement auditives et plutôt à tendance nocturne ( elles sont d'ailleurs souvent contestées par les patients ).
- Les troubles sensitifs comme la douleur pouvant être de type dystonique, neuropathique central ou primaire ou encore de type musculo-squelettique ( notamment avec l'apparition de myalgies au niveau des membres inférieurs ) (18)(28)(27).

### *2.1.6 Échelles d'évaluation de la MPi*

L'utilisation d'échelles et questionnaires d'évaluation sont des moyens d'évaluer la progression de la maladie, les capacités physiques et cognitives ainsi que les effets des traitements en cours du patient.

Elles permettent également de déterminer les objectifs de rééducation à atteindre.

#### *2.1.6.1 Les échelles spécifiques de la MPi*

On retrouve dans un premier temps l'échelle « United Parkinson Disease Rating Scale » (UPDRS) version 3,0. Cette échelle est utilisée depuis de nombreuses années et permet de quantifier la progression de la maladie ainsi que l'efficacité du traitement. Elle est largement utilisée lors des consultations, des hospitalisations ainsi qu'en recherche clinique.

L'échelle de l'UPDRS est divisée en six sections :

Section I : état mental, comportemental et thymique

Section II : activités de la vie quotidienne

Section III : examen moteur

Section IV : complications du traitement dans la semaine précédant l'examen

Section V : stade de Hoehn et Yahr

Section VI : échelle d'activités de la vie quotidienne de Schwab et England.

L'UPDRS présente néanmoins quelques limites. En effet, elle couvre peu de symptômes non-moteurs, évalue certains signes ( comme les tremblements ) de manière trop globale et les consignes d'évaluation ne sont pas toujours précises (29) ( Cf **Annexe III** ).

Il existe une deuxième échelle qui compense les limites de l'UPDRS, la « Movement Disorder Society - United Parkinson Disease Rating Scale » ( MSD-UPDRS ). Elle propose une meilleure prise en compte des symptômes non-moteurs et moteurs. De plus, elle améliore la qualité d'évaluation en définissant plus clairement les instructions de cotation. La MSD-UPDRS se divise en quatre parties et l'ensemble des items sont cotés de 0 à 4 : l'expérience non motrice de la vie quotidienne, l'expérience motrice de la vie quotidienne, l'examen moteur et les complications motrices (29)(30).

L'échelle Hoel et Yahr est une échelle fiable mais peu sensible. Elle permet d'évaluer le stade ainsi que la sévérité de la MPi. Elle est retrouvée à la fin de la partie numéro 3 de la MDS-UPDRS. Elle comporte 6 items cotés de 0 à 5 et permet un classement des patients selon l'ordre suivant :

- Les stades 1 à 2 correspondent à la phase précoce de la MPi
- Les stades 3 à 4 correspondent à la phase « compliquée »
- Le stade 5 correspond à la phase « tardive »

( Cf **Annexe III** ) (30)

L'échelle de Schwab et England qui évalue le handicap et l'autonomie au niveau des activités de la vie quotidienne ( Cf **Annexe III** ).

The New Freezing of Gait-Questionnaire ( NFOG-Q ) est un questionnaire de 9 items fournissant une évaluation globale des anomalies de la marche liées au « Freezing » ou « Blocage moteur » (30) (31).

#### 2.1.6.2 Les échelles non-spécifiques à la MPi

D'autres échelles non spécifiques fonctionnelles sont employées pour :

° Évaluer la marche avec le test des 10 mètres de marche ( où le critère de jugement est le temps effectué sur 10 mètres ), test de marche de 6 minutes ( TM6 ) ( où le critère de jugement est la distance parcourue à vitesse rapide en 6 minutes ) et le « Fonctional Gait Assessment ( FGA )

- ° Évaluer l'équilibre avec le test « Time Up and Go » ( TUG ), la « Berg Balance Scale » ( BBS ), le « Five Times Sit-To-Stand test » ( FTSTS ) et la « Modified-Parkinson Activity Scale » ( M-PAS ).
- ° Évaluer les chutes avec Falls Efficacy Scale-International ( FES-I ) et Activities Balance Confidence Scale ( ABC ) (30)(31).
- °Évaluation de la qualité de vie avec Short Form Health Survey ( SF-36 ) et l'échelle PDQ-39 (Cf **annexe IV** ).

### *2.1.7 Traitement de la MPi*

#### *2.1.7.1 Traitement pharmacologique*

De nos jours, il n'existe pas de traitement curatif de la MPi. Le traitement pharmacologique aura pour but d'agir sur les signes cliniques, notamment les affections motrices et non-motrices, et d'améliorer la qualité de vie du patient.

En effet, une fois le diagnostic établi, la délivrance de traitements antidépresseurs, antalgiques, anticholinergiques et anti-hypotenseurs peuvent être prescrits afin de modérer l'apparition des symptômes non-moteurs (13).

En ce qui concerne le traitement symptomatologique des signes moteurs, il vise à pallier au déficit de la concentration cérébrale en dopamine. La Lévodopa ou L-Dopa est à ce jour le traitement antiparkinsonien le plus utilisé. En effet, le L-Dopa permet un apport exogène en dopamine afin de compenser son déficit (6)(32).

Néanmoins, il ne peut empêcher la destruction des neurones dopaminergiques ni retarder l'évolution de la maladie. Le dosage du traitement doit être adapté tout au long de l'évolution de la maladie (15).

Le L-Dopa est par conséquent associé à des effets secondaires caractérisés par des fluctuations motrices ( dyskinésies ) dites « Phase On » ( périodes où le traitement est efficace ) et « Phase Off » ( perte d'efficacité du traitement entraînant des complications moteurs ). Ils sont constatés lorsque l'efficacité du traitement médicamenteux diminue sur le long terme (6)(16).

### 2.1.7.2 Traitement chirurgical

Le traitement chirurgical est proposé lorsque les fluctuations motrices ( les dyskinésies ), induites par le traitement dopaminergique, deviennent invalidantes pour le patient atteint de la MPi (6). Le traitement chirurgical propose le «Deep Brain Stimulation» ( la stimulation cérébrale profonde ). Cette technique consiste à l'implantation d'électrodes au niveau des noyaux sous-thalamiques ou sur le segment interne du globus pallidus. Ces électrodes sont reliées à une batterie comparable à un pacemaker. Elles vont induire une stimulation à haute fréquence au niveau circuit de contrôle et d'initiation du mouvement (6)(19)(33). En conséquence, le traitement chirurgical peut être substitué au traitement dopaminergique, en améliorant les symptômes moteurs ( diminution des tremblements au repos ) ainsi que des symptômes non moteurs ( comme le sommeil ) (33)(6).

La limite de cette thérapie reste son coût élevé sur le plan économique ( vis à vis du matériel ) ainsi que le nombre de malades atteints de MPi candidats à cette opération (13).

### 2.1.7.3 Importance d'une prise en charge pluridisciplinaire

La prise en charge d'un patient atteint de la MPi doit être une prise en charge globale et ne doit pas se restreindre aux traitements médicamenteux ainsi que chirurgicaux. Les nombreux symptômes moteurs et non moteurs doivent faire l'objet d'une prise en charge pluridisciplinaire. En effet, l'accompagnement du patient peut être effectué par nombre de professionnels de santé. Leur objectif est d'améliorer la qualité de vie du patient ainsi que de maintenir le plus longtemps possible son autonomie et ce, quel que soit le stade de la maladie (7).

Cette prise en charge nécessite l'intervention de nombreux acteurs : le médecin traitant dans les professions médicales, les infirmiers et les psychologues dans les professions paramédicales, qui aident le patient à lutter contre l'anxiété et la dépression ( notamment avec l'aide de la thérapie cognitivo-comportementale ) (34). De plus, il y a également la participation des professions de la rééducation. On retrouve parmi elles l'orthophonie, dont le but est de lutter contre « la dysarthrie parkinsonienne », qui dans la plupart des cas n'est pas améliorée par la prise d'un traitement médicamenteux (34). On retrouve aussi l'ergothérapie qui intervient

notamment pour améliorer la précision et la coordination du mouvement dans les activités de la vie quotidienne. Lors d'un stade plus avancé, elle permet la mise en œuvre d'aides techniques afin de maintenir le patient à son domicile le plus longtemps possible (34).

À cela s'ajoute la mise en place d'un programme d'Éducation Thérapeutique du Patient ( ETP ). Les symptômes, l'évolution de la MPi, les traitements médicamenteux ainsi que leurs effets secondaires sont souvent mal connus du patient. L'ETP vise à apporter un savoir adapté au patient mais aussi à son entourage. Elle incite le patient à être acteur dans la prise en charge de sa maladie, en lui montrant par exemple l'intérêt d'une pratique adaptée d'une activité physique (3)(7)(34).

### *2.1.8 Traitement par la masso-kinésithérapie de la MPi*

La masso-kinésithérapie s'inscrit au sein du parcours de soin du patient parkinsonien quel que soit le stade de la maladie. Elle s'ajoute au traitement médical et doit s'adapter aux symptômes, à l'évolution de la maladie et au projet thérapeutique global. La prise en charge kinésithérapique est définie par la mise en place d'un bilan diagnostic qui évaluera les déficiences motrices et fonctionnelles. C'est à partir de ce bilan que repose le traitement. La Haute Autorité de Santé ( HAS ) a établi des recommandations sur la prise en charge kinésithérapique. Celle-ci doit être adaptée aux capacités, à l'environnement, ainsi qu'aux différents degrés d'évolution de la maladie qui est propre à chaque patient (7)(30).

#### *2.1.8.1 Le Bilan Diagnostic Kinésithérapique ( BDK )*

Le masseur-kinésithérapeute ( MK ) va axer une investigation méticuleuse sur les paramètres moteurs et non-moteurs comme l'évaluation des douleurs, les déficiences morpho-statiques, cutané-trophiques et vasculaires. Mais également sur les déficiences musculaires, articulaires et fonctionnelles ( évaluation des transferts, la marche ainsi que l'équilibre ) du patient. C'est de cette évaluation que le MK établira un projet thérapeutique en hiérarchisant les objectifs de la rééducation (35).

Afin de pouvoir suivre l'évolution de la MPi ainsi que les effets des traitements, le MK va pouvoir s'appuyer sur des échelles et questionnaires d'évaluation ( spécifiques et non spécifiques à la maladie ) comme cela a été évoqué précédemment (7)(30)(14).



### 2.1.8.2 Les objectifs de rééducation

Les objectifs de rééducation varient en fonction du patient et du stade de la maladie.

Au cours du premier stade de la maladie, les objectifs principaux sont la mise en place d'une ETP, le maintien d'une bonne hygiène de vie ainsi que la pratique d'une activité physique régulière et adaptée.

Au cours du stade avancé de la maladie, les objectifs sont d'entretenir une activité fonctionnelle ainsi que de pallier à l'altération des fonctions motrices et cognitives.

Enfin, au cours du dernier stade, « la phase de déclin », le MK devra privilégier l'autonomie du patient dans les activités de la vie quotidienne ( l'entretien des déplacements ainsi que des transferts ) (7)(14)(30).

### 2.1.8.3 Les moyens utilisés

Tout comme les objectifs de rééducation, le MK doit adapter son traitement en fonction de chaque patient.

Ainsi, au cours du premier stade de la maladie, la rééducation n'est pas forcément systématique. Cependant, elle peut être proposée sous forme de « cure » impliquant une courte période de traitement intensif. Durant cette phase, la rééducation sera axée sur : la prise en charge des premiers symptômes, l'information et l'éducation du patient et la mise en place d'un programme d'une activité physique qui sera adapté aux capacités du patient. La pratique physique porte sur des exercices gymniques qui ciblent les amplitudes articulaires, la vitesse et la coordination du mouvement (7).

De plus, il a été démontré que la pratique d'une activité physique ( en aérobic ) permettrait d'améliorer aussi bien les fonctions motrices ( comme la marche, l'équilibre ainsi que les activités de la vie quotidienne ) que les fonctions non-motrices ( l'anxiété, la dépression, la fatigue... ) (36)(37)(34). Elle permettrait également de favoriser la synthèse ainsi que la libération de dopamine et donc d'améliorer les effets du traitement médicamenteux (34).

Lorsque la maladie atteint un stade avancé, la rééducation devient plus systématique, de plus en plus continue. Le MK se penchera sur l'amélioration de la qualité du mouvement et l'entretien des activités fonctionnelles. De plus, il devra adapter son traitement aux fluctuations motrices :

On retrouve un travail en « phase On » de type actif avec la mise en place d'exercices actifs et fonctionnels.

Tandis que durant la « phase Off », la rééducation sera centrée sur un travail passif et antalgique par le biais de massages, d'étirements, d'une mobilisation articulaire globale et d'une correction de la posture.

Au cours de ce stade, le MK veillera également à la prise en charge des troubles orthopédiques ainsi que des troubles respiratoires (7).

Au stade de déclin de la MPi, la rééducation se déroulera systématiquement au domicile du patient. Le MK portera le regard sur l'autonomie des transferts, avec le maintien d'une activité fonctionnelle (utilisation possible d'aides techniques). Il doit également lutter contre les attitudes vicieuses à l'aide de posture et de mobilisation active. Il doit également optimiser les capacités respiratoires du patient en travaillant sur la mobilité de la cage thoracique (7)(36).

#### 2.1.8.4 Intégration des stratégies intentionnelles dans la rééducation

Il existe de nombreuses autres stratégies de rééducation. On retrouve l'utilisation de stimuli externes ( pouvant être visuels ou sonores ) ainsi que l'utilisation de stimuli internes ( comme l'imagerie mentale qui consiste à préparer mentalement un mouvement ). Ils contribuent à lutter contre les fluctuations motrices ( dyskinésies ) et de porter l'attention sur le mouvement permettant d'améliorer sa réalisation (36)(38).

L'utilisation de stimuli externes, plus particulièrement la réalité virtuelle, dans la rééducation des troubles de l'équilibre d'un patient parkinsonien, sera l'objet de notre recherche.

## 2.2 LA RÉALITÉ VIRTUELLE

### 2.2.1 Définition

Les premières expériences de réalité virtuelle ( RV ) remontent dans les années 1960 par la création d'un appareil multi-sensoriel plus communément connu sous le nom de « Sensorama », inventé par Morton Heilig. Cependant, ce n'est qu'en 1989 que le terme « réalité virtuelle » est évoqué lors d'une conférence tenue par l'américain Jaron Lanier. Aujourd'hui, avec l'essor des nouvelles technologies, de nombreuses définitions sont attribuées aux termes « Réalité Virtuelle », selon son mode d'utilisation. Cependant, il existe une définition claire et précise qui a été proposée par Philippe Flusht. Il définit la « RV » comme étant « un domaine scientifique et technique exploitant l'informatique et des interfaces comportementales en vue de simuler dans un monde virtuel le comportement d'entités 3D, qui sont en interaction en temps réel entre elles et avec une personne en immersion pseudo-naturelle » .

Il y a trois critères qui caractérisent la réalité virtuelle : l'immersion, l'interaction ainsi que l'interface comportementale

Ce dernier critère est caractérisé par les différents types de matériels utilisés pour permettre à l'utilisateur de se mouvoir dans un environnement virtuel.

L'immersion permet à l'utilisateur de se confronter à un environnement qui se comporte comme celui du monde réel ( il peut cependant être totalement imaginaire ). Enfin, l'interaction est caractérisée par la répercussion des actions de l'utilisateur qui aura un impact sur l'environnement dans lequel il se trouve.

Il est à souligner qu'une RV n'est optimale que si le temps de latence entre l'action provoquée par l'utilisateur et la réponse de l'environnement virtuel à cette action sont simultanés (39).

La définition de la RV ne doit pas être confondue avec la définition de la Réalité Augmentée ( RA ), qui est une « augmentation de la perception de la réalité ». La RA ne permet pas l'immersion dans un environnement virtuel mais aide l'utilisateur à percevoir des détails qu'il ne perçoit pas dans la réalité (39)(40).

### *2.2.2. Présentation des différents types de RV*

De nos jours, la RV se présente sous de nombreuses interfaces qui permettent une immersion plus ou moins importante. Parmi ces interfaces, on retrouve :

- Les lunettes de réalité virtuelle. Elles sont représentées par un casque porté au niveau de la tête qui permet au patient d'être plongé dans un environnement à 360 degrés. Certains constructeurs ont adapté leur utilité à visée thérapeutique comme Kiné Quantum, Virtualis, l'Oculus Rift (41).
- Les systèmes de capture de mouvement. Ils permettent à l'utilisateur soit d'être intégré à l'environnement ( il se voit en miroir ), soit d'être représenté par un avatar. Ce système a été largement démocratisé par les jeux vidéo comme la Kinect de Microsoft ou l' « Eyes Toy » sur Playstation.
- Les plateformes de force. Ils permettent de recréer le centre de masse et d'enregistrer les déplacements de l'utilisateur à l'aide de capteurs. On retrouve ce type de plateforme dans les jeux vidéo tels que la Wii Fit, ou encore plus récemment la plateforme Uber 360 ( utilisée en rééducation ) (41)(42).
- Les salles immersives. Elles sont caractérisées par une projection d'images du sol au plafond comme par exemple le système Cave Automatic Virtual Environment ( CAVE ) ou encore le système NIRVANA BTS Bioengineering (Cf: **Annexe V**). L'utilisateur se retrouve totalement immergé dans l'environnement qui lui a été créé (41)(43).

### *2.2.2 Les avantages de la RV*

L'un des premiers avantages de la RV est de pouvoir donner au patient un feedback instantané. Ce renvoi instantané d'informations permet une adaptation des exercices de rééducation dirigés par le MK. La réalisation de ces exercices appliquée à la réadaptation motrice s'effectue dans un environnement sécurisé.

De plus, le côté ludique ainsi que la diversité des simulations que la RV procure augmenterait la motivation et la répétition des exercices par le patient (44).

La RV favorise l'amélioration de l'observance sur les performances enregistrées au fil des séances (45). Enfin, une étude récente rapporte que l'utilisation de la VR dans un cadre anxiogène tel qu'une biopsie de la moelle osseuse diminuerait l'appréhension et la douleur ressenties par le patient lors de l'opération (46).

### *2.2.1 Les inconvénients de la RV*

Les limites de la RV se traduisent tout d'abord par son accessibilité. Le coût pour l'acquisition d'une interface de RV adaptée au domaine médical reste élevé pour le praticien. Il peut également rencontrer une difficulté d'adhésion du patient aux nouvelles technologies ( notamment chez les personnes âgées pour qui le contact haptique entre l'humain et l'environnement virtuel est difficile à intégrer ).

Enfin, il peut apparaître une intolérance sensorielle provoquant un sentiment de malaise chez les patients. En conséquence, ceux-ci peuvent manifester des troubles de l'équilibre et de la marche ( comme le mal de mer ) (45).

## **3 PROBLÉMATIQUE**

L'augmentation du nombre de chutes chez les patients atteints par la MPi est en partie justifiée par la présence de troubles moteurs et non-moteurs. Ces facteurs de risque se traduisent par une altération croissante de la motricité avec l'apparition d'une instabilité posturale, de freezing et de festinations (18).

La prise d'un traitement médicamenteux ne permet qu'une diminution des symptômes notamment moteurs sur une durée limitée. La diminution de son efficacité est notamment traduite par des fluctuations motrices telles que les dyskinésies altérant la qualité de vie du patient (6).

Selon les recommandations, la kinésithérapie fait partie indéniablement du parcours de soin du patient dans le but de pallier au déficit moteur, de préserver son autonomie et de prévenir le risque de chute. Les moyens thérapeutiques employés se diversifient d'année en année. L'utilisation de stimuli externes ( visuels et sonores ) a été démontrée comme étant une modalité thérapeutique viable dans le processus de réadaptation. En effet, il fournit au patient l'opportunité d'effectuer une vaste gamme de mouvements sans les effets indésirables de la douleur ou d'inconfort (5). L'inclusion de la RV au sein de la réhabilitation motrice actuelle, semblerait avoir un effet positif tant sur le plan moteur que sur le plan psychique chez les patients atteints de la MPi. Ce qui nous conduit à la question suivante : la réalité virtuelle améliore-t-elle la prise en charge des troubles de l'équilibre chez un patient parkinsonien idiopathique ?

## 4 MÉTHOLOGIE

Pour répondre à la problématique du sujet de recherche établie précédemment, une revue systématique de la littérature représente une méthode de choix. Les recherches de l'étude s'appuient sur l'interrogation de plusieurs bases de données relatives aux sciences de la santé. De plus, l'étude s'est inspirée du modèle PRISMA avec l'utilisation du modèle PICO afin d'affiner les recherches.

### 4.1 LE MODÈLE PICO

L'utilisation du modèle PICO permet de décomposer de manière précise la question de recherche selon quatre critères ( Population, Intervention, Comparateur et « Outcome ») afin de regrouper l'ensemble des notions essentielles qui permet de cibler les critères de recherche.

- Population : La population étudiée regroupe les patients atteints de la MPI.
- Intervention : Toute étude intégrant la réalité virtuelle ( immersive ou non immersive ) dans le traitement de la MPI.
- Comparateur : Un groupe de contrôle ( témoin ) pouvant recevoir un traitement conventionnel ( dit actif ) ou sans aucun traitement ( dit passif ).
- Outcome : Évaluation des paramètres de la marche ainsi que de l'équilibre.

## 4.2 MOTS CLEFS

La sélection des mots clefs a été effectuée, dans un premier temps en français, en reprenant les critères établies par le modèle PICO. L'outil MeSH ( Médical Subject Haedings ), est un outil en ligne permettant d'obtenir une traduction anglophone correspondante ainsi que leur synonyme. En effet, il représente un moyen de traduction et d'indexation des bases de données en français. Le mot « Gait » a été choisi pour traduire le terme « Marche » dans un contexte de troubles neurologiques de la marche afin d'obtenir une recherche plus pertinente (47).

**Tableau I : Établissement des mots clefs**

MOTS CLEFS	
Français	Anglais
Maladie de Parkinson	Parkinson's disease
Réalité virtuelle	Virtual reality
Rééducation	Rehabilitation
Équilibre	Balance
Marche	Gait

## 4.3 BASES DE DONNÉES

Plusieurs bases de données relatives aux sciences de la santé ont été interrogées afin d'effectuer une recherche d'informations la plus exhaustive possible.

Quatre bases de données ont été retenues pour ce projet de recherche qui sont les suivantes : PEDro, PubMed, Science Directe ainsi que Cochrane.

## 4.4 ÉQUATION DE RECHERCHE

L'équation de recherche a été établie à partir de la traduction des mots clefs précédemment obtenus. La connexion entre les différents termes a été effectuée par l'utilisation d'opérateurs booléens anglais comme AND ou OR. L'utilisation de parenthèses « (...) » pour le moteur de recherche PubMed a permis de combiner plusieurs opérateurs booléens afin d'obtenir une équation de recherche finale plus pertinente. Les recherches ont été effectuées entre Octobre et Décembre 2020.

**Tableau II : Établissement des équations de recherche**

Index			
<b><u>Bases de données interrogées</u></b>	<b><u>Équation de recherche</u></b>	<b><u>Filtres</u></b>	<b><u>Résultats</u></b>
PubMed	° (Parkinson's disease AND Balance AND Gait AND virtual reality) ° (Parkinson's disease AND Rehabilitation AND Gait AND Balance AND virtual reality)	Années sélectionnées: à partir de 2010	- 34 - 30
Science Directe	parkinson disease AND virtual reality rehabilitation AND balance	Physiothérapie Années sélectionnées à partir de 2010	9
PEDro	virtual reality AND parkinson disease AND gait	Années sélectionnées : à partir de 2010	14
Cochrane	Virtual reality AND parkinson disease		1



## 4.5 CRITÈRE D'ÉLIGIBILITÉ

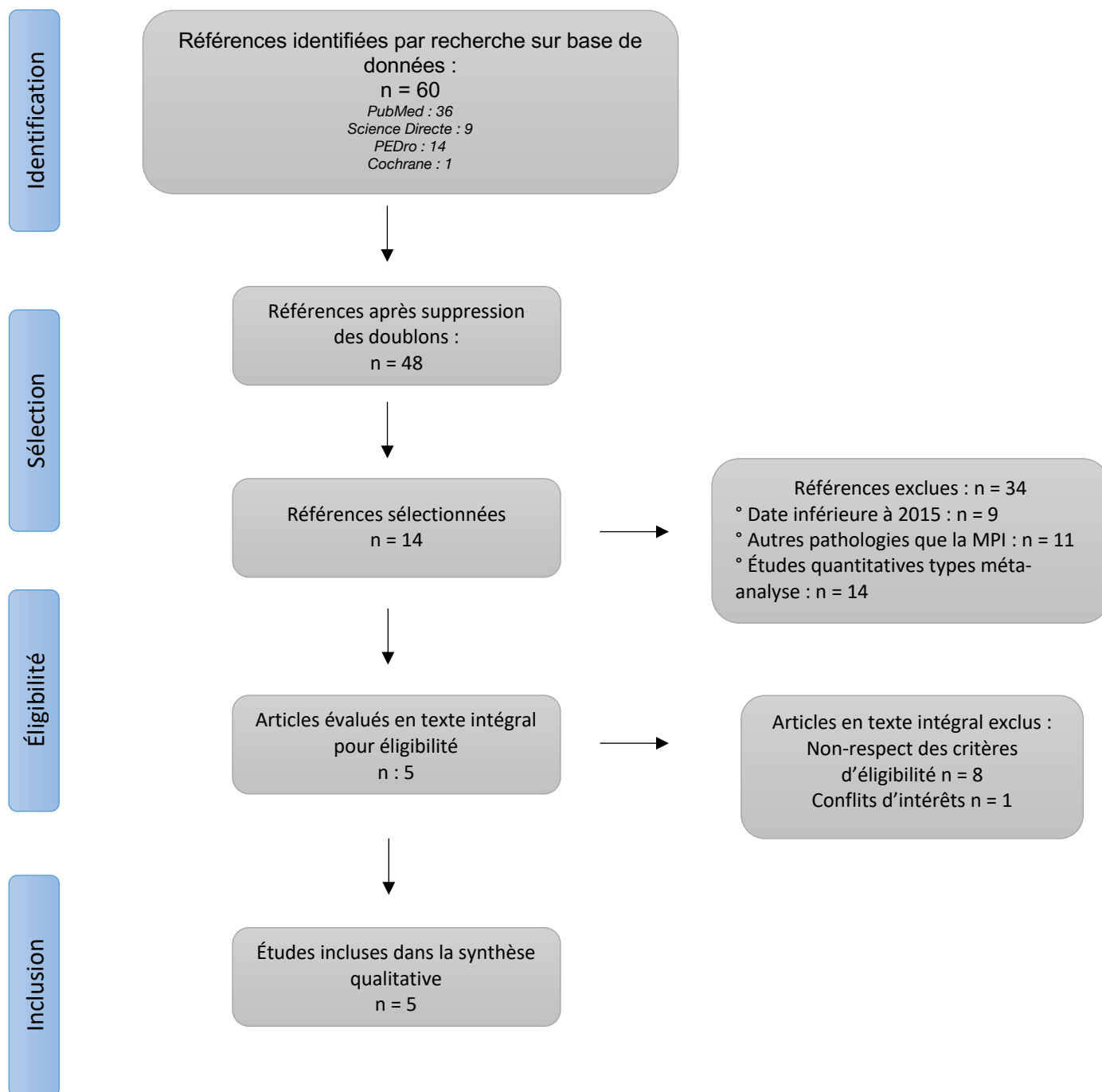
En ce qui concerne le résultat obtenu sur l'ensemble des quatre bases de données interrogées, 60 notices bibliographiques ont été recueillies. Afin de procéder à l'obtention de ressources pertinentes, il a été convenu d'inclure des critères d'inclusions et d'exclusions aux recherches effectuées. En effet, l'établissement de ces critères supplémentaires permet de mener une recherche de ressources exhaustive et de qualité pour la résolution de la problématique du sujet de recherche.

Il a été fait le choix de ne pas inclure dans les critères d'éligibilité l'évaluation de la qualité méthodologique des études du fait du faible nombre d'articles obtenus à l'interrogation des bases de données. En revanche, il a été choisi d'exclure l'ensemble des articles ayant une date de parution inférieure à 2015 permettant d'inclure au travail de recherche uniquement les nouvelles technologies basées sur la réalité virtuelle.

**Tableau III : Critères d'inclusions et d'exclusions des articles identifiés**

<b>Critères d'inclusion</b>	<b>Critères d'exclusion</b>
Inclusion de tous les stades de la maladie de Parkinson	Toute étude ayant une date inférieure à 2015
Le groupe témoin peut être <b>actif</b> ( patient recevant un traitement thérapeutique alternatif, par exemple la physiothérapie conventionnelle ) ou <b>passif</b> ( sans traitement alternatif )	Toute étude comprenant des éléments visuels ou auditifs donnés par une interface informatique sans fournir une rétroaction immédiate sur les performances motrices ( feedback )
La réalité virtuelle peut être immersive ( casque de réalité virtuelle ) ou non immersive ( exemple : la wii )	Toute étude de synthèse quantitative ( méta-analyse )
Population de tout âge et de tout sexe	Toute étude incluant d'autres pathologies autre que la MPI

## 4.6 SELECTION DES ÉTUDES



*Figure 3 : Présentation de la sélection des études par un diagramme de flux selon le modèle PRISMA*

À partir des 60 notices bibliographiques obtenues, une première sélection a été effectuée en excluant 12 articles dits « doublons » retrouvés sur l'ensemble des bases de données interrogées. La seconde étape de sélection s'est portée sur la lecture du titre et ( ou ) du résumé qui a permis d'exclure les articles non conformes aux critères

définis avec un total de 34 articles exclus dont neuf articles publiés à une date inférieure à 2015, 11 articles où la Mpi n'était pas le sujet principal de la recherche ainsi que 14 autres articles relatant des études quantitatives de type méta-analyse. Les 14 autres articles restants ont été parcourus dans leur texte intégral afin de pouvoir évaluer leur éligibilité en fonction des critères d'inclusion et d'exclusion précédemment établis. Ainsi, les notices bibliographiques doivent suivre la structure IMRAD : Introduction, Méthode, Résultats, Analyse, Discussion. À partir de cette lecture, neuf articles ont été exclus pour non-respect des critères PICO. Parmi ceux-ci, quatre études n'incluaient pas de groupes de contrôle, une autre étude n'a pas été retenue en raison d'un conflit d'intérêt admis par les auteurs en ce qui concerne la publication de l'étude (48). Au total, cinq notices bibliographiques ont été retenues pour répondre à la question de recherche initiale. La présentation du diagramme de flux est reportée ci-dessus selon le modèle PRISMA (fig. 3).

## 5 RÉSULTATS

### 5.1 DESCRIPTION GÉNÉRALE DES ÉTUDES

À partir des 60 études identifiées initialement dans l'ensemble des bases de données interrogées, 5 études ont été retenues à l'issue du processus de sélection des articles (43, 49, 50, 51, 52). Les études retenues ont été publiées entre 2015 et 2019 faisant toutes l'objet d'essais contrôlés randomisés. Sur les cinq études, deux études présentent deux bras parallèles incluant un groupe expérimental et un groupe de contrôle. Les trois autres études restantes présentent quant à elles trois bras parallèles incluant deux groupes expérimentaux ( dont l'un est systématiquement un entraînement incluant la RV et l'autre un entraînement conventionnel ( EC ) ou un entraînement sur tapis roulant ) et un groupe de contrôle ( avec ou sans intervention ). Les auteurs de chaque étude signalée dans la revue de littérature sont clairement identifiables avec la possibilité de joindre au moins un des auteurs par mail.

Deux études ont mentionné l'absence de conflits d'intérêts ( **De Melo & al. 2018** et **Santos & al. 2019** ). Cependant, les trois autres études restantes n'évoquent pas cette modalité ( **Pazzaglia & al. 2019**, **Feng & al. 2019** et **Liao & al. 2015** ).

**Tableau IV : Description générale des cinq études retenues.**

1 <sup>er</sup> auteur, date & type d'étude	Population - Stade H & Y	Âge moyen (année)	Objectifs	Intervention	Tests et mesures de résultats	Limites	Score PEDro
<b>Pazzaglia &amp; al. 2019</b>  Étude contrôlée randomisée (43)	N = 51  °Groupe avec exercices RV n = 25 °Groupe de contrôle n = 26  <b>Stade H &amp; Y :</b> inconnu	°Groupe avec exercices RV : 72 ( $\pm$ 7)  °Groupe de contrôle : 70 ( $\pm$ 10)	°Comparer l'efficacité d'un programme de rééducation utilisant la RV contre un programme de rééducation conventionnelle  °Évaluer l'efficacité d'un programme de RV sur l'amélioration de l'équilibre	<b>Groupe avec exercices RV :</b> Utilisation du système Nirvana™ BTS Bioengineering (système d'immersion complète dans un environnement virtuel) combiné à un équipement d'analyse du mouvement  <b>Groupe de contrôle :</b> Programme de rééducation conventionnel  <b>Durée de l'intervention :</b> 6 semaines 3 fois par semaines (soit 12 séances) Séance de 40 minutes	<b>Mesure de l'équilibre :</b>  °Échelle BBS °Échelle DGI (équilibre à la marche)  <b>Mesure secondaire :</b>  Évaluation de la qualité de vie : °Short Form-36	Étude non croisée. Absence des données du suivi des patients. Les exercices en RV ne représentaient pas les activités de la vie quotidienne.	5/10
<b>De Melo &amp; al. 2018</b>  Étude contrôlée randomisée (49)	N = 37  °Groupe avec exercices RV n = 12 °Groupe avec exercices sur tapis roulant (TR) n = 13 °Groupe de contrôle n = 12	°Groupe RV : 60,25 ( $\pm$ 9,28)  °Groupe TR : 61 ( $\pm$ 10,72)  °Groupe de contrôle : 65,58 ( $\pm$ 13,04)	°Évaluer l'efficacité d'un entraînement RV sur l'amélioration des différents paramètres de marche  °Comparer l'efficacité d'un entraînement à la marche avec RV à un entraînement sur TR seul et à un entraînement conventionnel seul	<b>Groupe RV :</b> Utilisation d'un système de jeux vidéo basé sur la réalité virtuelle non-immersive utilisant des capteurs de mouvement : Kinect Xbox 360™  <b>Groupe TR :</b> Entraînement à la marche sur tapis roulant équipé d'un système de déconnexion	<b>Mesure de la marche :</b>  °TM6 (distance parcourue en m) °Vitesse ( en m/s)	57% des patients sont au stade 1 de H & Y.  Seuls les patients s'identifiant comme sédentaires ont été inclus.	7/10

	<b>Stade H &amp; Y :</b> I - III			<b>Groupe de contrôle :</b> Entraînement conventionnel à la marche  <b>Durée de l'intervention :</b> 4 semaines 3 fois par semaine (soit 12 séances) Séance de 20 minutes	<b>Mesure secondaire :</b>  °Fréquence cardiaque °Saturation en oxygène °Tension Artérielle °Mesure de la perception de l'effort (Échelle de Borg)		
<b>Santos &amp; al. 2019</b>  Étude contrôlée randomisée (50)	N = 41  °Groupe avec exercices RV n = 13 °Groupe avec exercices conventionnels (EC) n = 14 °Groupe RV + EC n = 14  <b>Stade H &amp; Y :</b> I - II	°Groupe RV : 61,7 (± 7,3)  °Groupe EC : 64,5 (± 9,8)  °Groupe RV + EC : 66,6 (± 8,2)	°Étudier l'efficacité d'un entraînement en RV couplé à un entraînement conventionnel (EC) dans le traitement des troubles de l'équilibre, de la marche et de l'amélioration de la qualité de vie chez les patients atteints de MPi  °Comparer les résultats d'un entraînement RC + EC à un entraînement RV seul et à un entraînement EC seul	<b>Groupe RV :</b> Utilisation de la Nintendo Wii™ couplée à une plateforme intégrant des capteurs de pression (Wii Balance Board™)  <b>Groupe EC :</b> Entraînement conventionnel intégrant : - les techniques de facilitations proprioceptives neuromusculaires (FPN) - Marche contre résistance manuelle par le thérapeute  <b>Durée de l'intervention</b> 8 semaines 2 fois par semaine (soit 16 séances) Séances de 50 minutes	<b>Mesure de l'équilibre :</b>  °Échelle BBS °Échelle DGI °TUG  <b>Mesure secondaire :</b>  °Évaluation de la qualité de vie : le questionnaire PDQ-39	Une intensité insuffisante du traitement dans le groupe RV + EC. La présence de dépression chez les patients n'a pas été vérifiée.	7/10
<b>Feng &amp; al. 2019</b>  Étude contrôlée randomisée (51)	N = 28  °Groupe avec exercices RV n = 14	°Groupe RV : 67,47 (± 4,79)  °Groupe de contrôle	°Évaluer l'efficacité d'un entraînement en RV sur la marche et l'équilibre pendant 12 semaines °Comparer cette méthode avec un traitement conventionnel	<b>Groupe RV :</b> Utilisation d'un système de jeux vidéo basé sur la réalité virtuelle non-immersive utilisant des capteurs de mouvement : Kinect Xbox 360™	<b>Mesure de l'équilibre :</b>  °BBS °TUG	Taille de l'échantillon	7/10

	<p>°Groupe de contrôle n = 14</p> <p><b>Stade H &amp; Y :</b> II - IV</p>	66,93 (± 4,64)		<p><b>Groupe de contrôle :</b> Entraînement traditionnel</p> <p><b>Durée de l'intervention :</b> 12 semaines 5 fois par semaines Séances de 45 minutes</p>	<p><b>Mesure de la marche :</b></p> <p>°Évaluation fonctionnelle de la marche : FGA (Functionale Gait Assessment )</p> <p><b>Mesure secondaire :</b></p> <p>°Évaluation de la fonction motrice : UPDRS3</p>		
<p><b>Liao &amp; al. 2015</b></p> <p>Étude contrôlée randomisée (52)</p>	<p>N = 36</p> <p>°Groupe avec exercice RV n = 12</p> <p>°Groupe avec exercice conventionnel (EC) n = 12</p> <p>°Groupe de contrôle (sans exercice) n = 12</p> <p><b>Stade H &amp; Y :</b> I - III</p>	<p>°Groupe RV : 67,3 (± 7,1)</p> <p>°Groupe EC : 65,1 (± 6,7)</p> <p>°Groupe de contrôle : 64,6 (± 8,6)</p>	<p>°Évaluer l'efficacité d'un entraînement en RV sur les capacités d'intégrations sensorielles (SOT), la marche et la force musculaire.</p> <p>°Comparer les résultats d'un entraînement RV avec ceux d'un groupe ayant reçu un entraînement traditionnel et ceux d'un autre groupe sans intervention</p>	<p><b>Groupe RV :</b> Utilisation de la Nintendo Wii™ couplée à une plateforme intégrant des capteurs de pression (Wii Balance Board™)</p> <p><b>Groupe EC :</b> Entraînement traditionnel comprenant des exercices d'étirement, d'équilibre et de renforcement musculaire</p> <p><b>Groupe de contrôle :</b> Pas de programme d'exercices structurés. Enseignement à la prévention des chutes.</p> <p><b>Durée de l'intervention :</b> 6 semaines 2 séances/semaine (12 séances) Séance de 45 minutes d'exercices + 15 minutes d'entraînement au tapis roulant pour les deux groupes (RV et ET)</p>	<p><b>Mesure de la marche :</b></p> <p>°FGA °Longueur de la foulée °Vitesse de la marche par le système GAITRite</p> <p><b>Mesure de la force musculaire :</b></p> <p>Force isométrique musculaire maximale des fléchisseurs et extenseurs (hanche, genou, cheville)</p> <p><b>Autres mesures :</b></p> <p>°La capacité d'intégration sensorielle (SOT)</p>	<p>Étude contrôlée randomisée en simple aveugle (patient MPI uniquement) pouvant introduire un biais dans les résultats</p> <p>Faible taille de l'échantillon</p>	7/10

Les principales caractéristiques des études retenues sont évoquées ci-dessus (**Tab. IV**)

## 5.2 ÉVALUATION DE LA QUALITÉ MÉTHODOLOGIQUE DES ÉTUDES RETENUES

L'évaluation de la qualité méthodologique de l'ensemble des études retenues a été effectuée à l'aide de l'échelle PEDro (53). Cette échelle permet d'identifier rapidement les études possédant une bonne validité interne ( critères 2 à 9 ) et présentant un nombre d'informations statistiques pour rendre les résultats obtenus interprétables ( critères 10 à 11 ).

La validité externe des études retenues est définie par le premier critère ( 1 ). Cependant, il n'est comptabilisé dans le score total de l'échelle PEDro (53). L'ensemble des scores finaux a été attribué par la base de données PEDro.

Quatre études retenues présentent toutes un score égal à 7/10, leur conférant une qualité méthodologique dite « forte ». En revanche une seule étude obtient un score égal à 5/10 rapportant une qualité méthodologique dite « modérée » (53).

Les détails de l'ensemble des scores obtenus des études sont restitués dans le tableau ci-dessous (**Tab. V**).

**Tableau V : Détail des scores PEDro des 5 études retenues**

Études	I *	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	Total**
Pazzaglia & al. 2019 (43)	X	O	X	O	X	X	O	X	X	O	O	5/10
De Melo & al. 2018 (49)	X	O	O	O	X	X	O	O	X	O	O	7/10
Santos & al. 2019 (50)	O	O	X	O	X	X	O	O	O	O	O	7/10
Feng & al. 2019 (51)	O	O	X	O	X	X	O	O	O	O	O	7/10
Liao & al. 2015 (52)	O	O	O	O	X	X	O	O	X	O	O	7/10

Une croix ( X ) correspond à une non validation du critère, un rond ( O ) correspond à une validation du critère.

\* Le critère relatif à l'éligibilité ( I ) ne contribue pas au score total.

\*\*Score confirmé sur la base de données PEDro.

## 5.3 CARACTÉRISTIQUES DES ÉTUDES RETENUES

### 5.3.1 *Population*

Le nombre total de participants des cinq études retenues s'élève à 193 sujets. L'étude possédant la plus petite taille d'échantillon est celle de **De Melo & al. (2018)** avec 28 participants tandis que l'étude possédant la plus grande taille d'échantillon est celle de **Liao & al. (2015)** avec 51 participants. Tous les sujets sont atteints de la MPi.

La gravité de la maladie a été évaluée par la classification de Heohn & Yahr où la majorité des participants se situent entre les stades I et III ( peu de participants sont aux stade IV de la MPi ). Cependant, seule l'étude de **Pazzaglia & al. (2019)** ne mentionne pas une classification de Hoehn & Yahr qui n'apporte aucune information sur la gravité de la MPi. En effet, pour cette étude, l'échelle UPDRS a uniquement été utilisée. La moyenne d'âge de toutes les études est de 65,62. La majorité des essais retenus a été fait sous influence de la L-Dopa, seule l'étude de **Liao & al. (2015)** ne renseigne pas la médication utilisée.

Pour l'ensemble des études restantes, les critères d'inclusion des participants reposaient sur leurs capacités à marcher en autonomie avec une absence de troubles visuels et auditifs pouvant venir perturber la marche ( **De Melo & al. (2018)**, **Santos & al. (2019)**, **Feng & al. (2019)**, **Liao & al. (2015)** ), **Pazzaglia & al (2019)** ). Les conditions d'exclusion reposent sur les participants présentant d'autres troubles ou maladies neurologiques en dehors de la MPi ( **Liao & al. (2015)**, **Santos & al. (2019)** et **Feng & al. (2019)** ) ; de même que ceux ayant une incapacité physique ainsi qu'une incapacité à coopérer avec l'examineur ou le thérapeute ( **De Melo & al. (2018)**, **Santos & al. (2019)** et **Feng & al. (2019)** ). Et enfin, la présence d'une déficience cognitive avec un score inférieur à 24 au Mini Mental State Examination marque le dernier critère d'exclusion ( **Santos & al. (2019)**, **Pazzaglia & al (2019)** ).

### 5.3.2 *Intervention*

#### 5.3.2.1 Modalités d'intervention

Pour chaque étude retenue, les modalités d'intervention sont très variables d'une étude à une autre. Les notices bibliographiques étudiées pour notre travail de



recherche se caractérisent toutes par des programmes d'entraînement allant de quatre semaines (49) à trois mois (51). Le temps moyen des séances de l'ensemble des études varie entre 20 minutes (49) et 50 minutes (50) avec un nombre de sessions d'entraînement allant de deux à trois séances par semaine sauf pour une étude ( **Feng & al. (2019)** ). Sur l'ensemble des études, une étude présente un suivi de 30 jours après l'intervention (52). L'ensemble des modalités d'intervention est détaillé ci-dessus (cf **Tab. V**).

#### 5.3.2.2 Présentation du matériel utilisé

Les systèmes de RV utilisés pour les programmes d'entraînement des études retenues sont majoritairement basés sur l'utilisation de consoles de jeux vidéo utilisant une RV non-immersive. Deux études ( 50, 52 ) ont utilisé la Nintendo Wii™ associée à une planche d'équilibre ( Wii Balance board ™ ) combinée à un appareil de projection murale. Ce système permet de détecter les mouvements à l'aide de manettes et d'une plateforme pourvue de capteurs de pression afin de retranscrire les mouvements du patient à l'intérieur du jeu. Cela permet un retour visuel de l'action effectuée par le patient en temps réel.

Deux autres études ( 49, 51 ) ont utilisé la Xbox 360™ associée à la Kinect™. C'est un système pourvu de capteurs de mouvement permettant à l'utilisateur d'interagir directement avec un environnement virtuel. Un système de projection multimédia murale a également été utilisé pour la diffusion de l'image.

Cependant, l'étude de **Pazzaglia & al . (2017)** se démarque des autres études avec l'utilisation du systèmes NIRVANA BTS Bioengineering. C'est un système de RV basé sur des dispositifs infrarouges optoélectroniques qui permet à l'utilisateur d'effectuer des exercices dans un environnement virtuel avec immersion sensorielle et audiovisuelle complète. Le système est connecté à un projecteur mural ( la vidéo-projection est effectuée sur l'ensemble des murs de la pièce ) ainsi qu'à une caméra vidéo infrarouge permettant de détecter les mouvements. Le patient effectue les exercices en interagissant directement avec l'écran (43).

L'ensemble du matériel utilisé est détaillé ci-dessus (cf **Tab V**).

#### 5.3.2.3 Description détaillée des interventions

**Tableau VI : Description détaillée des programmes d'intervention.**

Auteurs	Groupe d'intervention	Matériel utilisé	Description de l'intervention	Influence pharmacologique et supervision de l'intervention
Pazzaglia & al. 2019	Groupe RV	-Système NIRVANA -Projecteur -Caméra vidéo infrarouge	<p>°Programme de rééducation en RV réalisé à l'aide du système NIRVANA BTS Bioengineering .</p> <p>°Chacune des séances est divisée en 7 exercices de 4 minutes avec une minute de repos entre chaque exercice.</p> <p>On retrouve :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Des exercices de rapidité ( toucher des œufs projetés sur l'écran mural ),</li> <li>- Des exercices de coordination motrice des membres supérieurs et inférieurs (attraper un objet aux quatre coins de la pièce, les patients étant libres de se déplacer )</li> <li>- Des exercices d'équilibre ( marcher entre deux barres latérales sans les toucher et sans émettre un son )</li> </ul> <p>°Séance de 40 minutes</p>	<p><b>°Intervention supervisée par :</b> un physiothérapeute</p> <p><b>°Le lieu de l'intervention :</b> pièce fermée</p>
	Groupe de contrôle		<p>° Programme de rééducation conventionnel réalisé selon les directives du KNGF.</p> <p>° Chaque séance est divisée en trois phases :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Phase d'échauffement : mobilisation passive ainsi que renforcement musculaire des membres inférieurs.</li> <li>- Phase active ( debout ou assis ) : exercices de coordination motrice avec les membres supérieurs et inférieurs, entraînement à la marche et à l'équilibre.</li> <li>- Phase de récupération ( assis ) : un travail respiratoire et de mobilisation est effectué à la fin de la séance.</li> </ul> <p>°Séance de 40 minutes</p>	L'intervention a été faite sous influence pharmacologique.
	Groupe RV	-Kinect Xbox 360™	<p>°Programme de rééducation de la marche par la RV.</p> <p>°Utilisation du jeu : « Fitness Evolved 2012 – Run the World » pour la séance.</p>	

De Melo & al. 2018		-Projecteur multimédia	°La marche ou la course est simulée par une montée de genou stationnaire effectuée par le patient. °Séance de 20 minutes	°Intervention supervisée par : un physiothérapeute  °Le lieu de l'intervention : pièce fermée  L'intervention a été faite sous influence pharmacologique.
	Groupe TR	-Tapis roulant équipé d'un système de déconnexion	°Programme de rééducation de la marche sur tapis roulant °Chaque session est adaptée en fonction du patient et sa fréquence cardiaque (FC) cible. °Le but de la séance est de marcher ou de courir tout en maintenant une bonne posture. °Séance de 20 minutes	
	Groupe de contrôle	-Cônes colorés -Cerceaux -Échelles horizontales -Step	°Programme de rééducation conventionnel à l'entraînement à la marche. °Chaque séance inclut une série d'exercices de marche tels que : - Marche entre des obstacles disposés au sol (cerceaux, échelles) - Marche autour d'obstacles disposés au sol (cônes colorés) - Exercices de montée et de descente sur step °Séance de 20 minutes	
Santos & al. 2019	Groupe RV	-Nintendo Wii™ combinée au système Wii Balance Board™ -Projecteur multimédia	°Programme de rééducation de l'équilibre par la RV. °Programme scindé en deux séances hebdomadaires impliquant un total de 4 exercices présentés sous formes de jeux ludiques (Wii Sport et Wii Fit). °1 <sup>ière</sup> séance hebdomadaire : Jeux de boxe et de football. °2 <sup>ème</sup> séance hebdomadaire : Jeux de course à pied et de golf. °Le temps de la session est de 20 minutes par exercice avec 1 minute de repos pour 5 minutes d'exercice. °Chaque séance est précédée de 10 minutes d'étirement des membres supérieurs et inférieurs °Objectif : travail d'équilibre, de report de poids, d'extension et rotation du rachis. °Séance de 50 minutes	°Intervention supervisée par : un physiothérapeute  °Le lieu de l'intervention : Pièce fermée de 20m²  L'intervention a été faite sous influence pharmacologique.
	Groupe EC		°Programme de rééducation conventionnel sur l'équilibre, basé sur des techniques proprioceptifs de facilitation neuromusculaire. °Séances divisées en deux parties :	

			<p>-30 minutes de mouvements diagonaux des membres supérieurs et inférieurs contre une résistance imposée par le thérapeute ( exemple du membre inférieur : flexion-abduction-rotation externe/Extension-adduction-rotation interne ).</p> <p>-10 minutes de marche sous une résistance manuelle appliquée aux hanches du patient par le thérapeute.</p> <p>°Chaque séance est précédée de 10 minutes d'étirement des membres supérieurs et inférieurs</p> <p>°Séance de 50 minutes</p>	
	Groupe RV + EC		<p>°Programme de rééducation à l'équilibre combinant RV et EC.</p> <p>°Chaque séance est composée de 20 minutes d'exercices en RV et de 20 minutes d'EC décrits ci-dessus.</p> <p>°Chaque séance est précédée de 10 minutes d'étirement des membres supérieurs et inférieurs</p> <p>°Séance de 50 minutes</p>	
Feng & al. 2019	Groupe RV	Kinect Xbox 360™ -Projecteur multimédia	<p>°Programme de rééducation de l'équilibre et de la marche par la RV</p> <p>°Chaque session est divisée en 5 exercices présentés sous forme de jeux vidéo ludiques :</p> <p>-5 minutes de préparation aux exercices ( faire atteindre la visage de l'avatar sur les 4 coins de l'écran )</p> <p>-10 minutes d'exercices de coordination des membres supérieurs et inférieurs consistant à toucher une balle en mouvement sur l'écran avec les mains ou les pieds.</p> <p>- 10 minutes d'exercices d'équilibre ( garder l'équilibre sur un bateau pour éviter de tomber à l'eau)</p> <p>-10 minutes d'exercices de marche (sortir d'un labyrinthe)</p> <p>-10 minutes de récupération</p> <p>°Séance de 45 minutes</p>	<p><b>°Intervention supervisée par :</b> un physiothérapeute</p> <p><b>°Le lieu de l'intervention :</b> pièce fermée</p> <p>L'intervention a été faite sous influence pharmacologique.</p>
	Groupe de contrôle		<p>°Programme de rééducation conventionnel à l'équilibre et à la marche selon « The Chinese Guide to Treatment of Parkinson Disease »</p> <p>°Chaque session est divisée en 5 phases avec :</p> <p>-5 minutes de préparation aux exercices par des étirements</p> <p>-10 minutes d'exercices d'équilibre par le biais d'un travail de report de poids</p>	

			-10 minutes d'exercices physiques couplant musculation et marche -10 minutes d'exercices de coordination (travail de rotation ainsi que de déplacement rapide) -10 minutes de récupération °Séance de 45 minutes	
Lia & al. 2015	Groupe RV	-Nintendo Wii™ combinée au système Wii Balance Board™ -Projecteur multimédia	°Programme de rééducation de l'équilibre et de la marche par la RV °Chaque séance est composée de 3 exercices présentés sous forme ludique de jeux vidéo : -10 minutes de yoga (combinaison des exercices d'étirement, de renforcement et d'équilibre). -15 minutes d'exercices de renforcement sur la plateforme Wii Balance Board avec la présence de poids aux chevilles. -20 minutes d'équilibre. Les jeux d'équilibre comprennent le football, le ski et la navigation dans une bulle à travers un labyrinthe sans l'éclater. °Chaque séance est précédée par un entraînement de 15 minutes sur tapis roulant. °Séance de 60 minutes	<b>°Intervention supervisée par :</b> un physiothérapeute  <b>°Le lieu de l'intervention :</b> pièce fermée  L'intervention a été faite sous influence pharmacologique.
	Groupe EC	-Écran de 230cm (largeur et hauteur) -Tapis roulant équipé d'un système de déconnexion -système GAITRite	° Programme de rééducation conventionnel à l'équilibre et à la marche °Chaque séance est composée de 3 types d'exercices : -10 minutes d'exercices d'étirement des membres supérieurs et inférieurs -15 minutes d'exercices de renforcement : 3 séries de 15 répétitions avec la présence de poids à la cheville ( exercices de flexion et extension de genou / hanche, exercices de report de poids, s'accroupir..). -20 minutes d'équilibre (attraper des balles lancées par le thérapeute, marche multidirectionnelle en position debout, position debout sur une jambe, yeux ouverts, yeux fermés..) °Chaque séance est précédée par un entraînement de 15 minutes sur tapis roulant. °Séance de 60 minutes	
	Groupe de contrôle		Pas de programme d'exercices structurés. Enseignement à la prévention des chutes.	

### 5.3.3 Paramètres évalués

Les études retenues pour le travail de recherche ont principalement évalué la marche et l'équilibre à l'aide de différents outils de mesure.

Dans un premier temps, sur l'ensemble des études retenues, trois études se sont penchées sur l'évaluation de la marche.

Les études de **De Melo & al (2018)** et **Liao & al. (2015)** ont évalué les différents paramètres de marche tels que la longueur de la foulée, la vitesse de marche, la distance parcourue ( TM6 ). De plus, les études de **Liao & al (2015)** et **Feng & al. (2019)** ont mis en évidence une évaluation fonctionnelle de la marche à l'aide de l'échelle FGA.

Dans un deuxième temps, trois études se sont penchées sur l'évaluation de l'équilibre. Trois principaux outils de mesure ont été utilisés. L'étude de **Pazzaglia & al. (2019)** a choisi l'échelle BBS et DGI, **Santos & al. (2019)** a opté pour l'échelle BBS, DGI et le test TUG et **Feng & al. (2019)** a utilisé l'échelle BBS ainsi que le test TUG.

Enfin, la qualité de vie a été abordée dans la majorité des études retenues mais seules deux études ont évalué ce paramètre en tant que mesure secondaire. En effet, l'étude de **Pazzaglia & al. (2019)** a utilisé l'échelle Short Form Health Survey ( SF-36 ), l'étude de **Santos & al. (2019)** l'échelle PDQ-39.

## 5.4 SYNTHÈSE DES RÉSULTATS

L'ensemble des résultats est représenté par des valeurs moyennes ( mean ) avec la mise en évidence de l'écart type ( SD ). Les études retenues présentent toutes une analyse transversale des données intergroupes.

### 5.4.1 La marche

#### Vitesse de marche :

L'étude de **Liao & al. (2019)** révèle une amélioration significative des performances concernant la vitesse de marche des deux groupes expérimentaux après intervention (  $p < 0,05$  ) par rapport aux résultats obtenus dans le groupe de contrôle après intervention. Cette amélioration est poursuivie au Follow-up. Cependant, la

comparaison des données **intergroupes** expérimentaux (entre le groupe RV et le groupe EC ) marque une absence de différence significative après l'intervention.

Les résultats de l'étude de **De Melo & al. (2018)** avant intervention ne sont pas mentionnés. En revanche, la comparaison des données **intergroupes**, les résultats post-intervention montrent une amélioration significative de la vitesse de marche des deux groupes expérimentaux par rapport au groupe de contrôle (  $p = 0,001$  ). Cependant, il n'y a pas de différence significative entre les résultats post-intervention des deux groupes expérimentaux.

**Tableau VII : Résultats sur la vitesse de marche**

Vitesse de marche ( en m/s ) (mean $\pm$ SD)								
	Contrôle		EC <sup>1</sup> / TR <sup>2</sup>		RV		Follow- up (suivi)	
	avant	après	avant	après	avant	après		
<b>De Melo &amp; al. 2018</b>	/	1.39 $\pm$ 0.39	/	1.63 $\pm$ 0.42 <sup>*2</sup>	/	1.80 $\pm$ 0.43 <sup>*</sup>	/	
<b>Liao &amp; al. 2015</b>	0.87 $\pm$ 0.08	0.85 $\pm$ 0.12	0.84 $\pm$ 0.22 <sup>1</sup>	0.96 $\pm$ 0.18 <sup>*1</sup>	0.84 $\pm$ 0.21	1.01 $\pm$ 0.16 <sup>*</sup>	0.87 $\pm$ 0.17	Contrôle
							0.94 $\pm$ 0.23	EC
							1.00 $\pm$ 0.22	RV

1 : Entraînement conventionnel ; 2 : Entraînement sur tapis roulant <sup>\*</sup> $p < 0,05$  par rapport au groupe de contrôle

#### Distance parcourue ( lors du TM6 ) :

L'étude de **De Melo & al. (2018)** a évalué la distance de marche à l'aide du TM6.

Les résultats post-intervention montrent une amélioration significative de la distance parcourue des deux groupes expérimentaux ( RV et TR ) par rapport au groupe de contrôle (  $p = 0,001$  ). Cependant, la comparaison des données **intergroupes** expérimentaux ( entre le groupe RV et le groupe TR ) marque une absence de différence significative après l'intervention.

**Tableau VIII : Résultats sur la distance parcourue**

Distance parcourue ( en m ) (mean ± SD)						
	Contrôle		TR		RV	
	avant	après	avant	après	avant	après
De Melo & al. 2018	/	297.10 ± 80.89	/	349.27 ± 87.61*	/	384.04 ± 85.14*

\*p = 0,001 par rapport au groupe de contrôle

### Longueur de la foulée :

L'étude de **Liao & al. (2019)** révèle une augmentation significative de la longueur de la foulée post-intervention des deux groupes expérimentaux ( RV et EC ) par rapport aux groupes de contrôle (  $p < 0,05$  ), amélioration poursuivie au Follow-up. Cependant, la comparaison des données **intergroupes** expérimentaux ( EC et RV ) mènent à la même conclusion c'est à dire à une absence de différence significative après intervention.

**Tableau IX : Résultats sur la longueur de la foulée**

Longueur de la foulée ( en cm ) (mean ± SD)							
	Contrôle		EC		RV		Follow- up
	avant	après	avant	après	avant	après	(suivi)
Liao & al. 2019	95.96 ± 17.20	94.22 ± 19.43	95.00 ± 20.63	107.58 ± 15.39*	92.96 ± 19.06	108.43 ± 16.33*	91.98 ± 23.55
							105.18 ± 21.12
							107.39 ± 18.68

\*p < 0,05 par rapport au groupe de contrôle

### Test FGA :

L'étude de **Feng & al. (2019)** note une amélioration significative du test FGA dans les deux groupes après intervention (  $p < 0,05$  ). De plus, la comparaison des données



**intergroupes** met en évidence une différence significative entre le groupe expérimental et le groupe de contrôle après intervention (  $p < 0,05$  ).

L'étude de **Liao & al. (2019)** note une amélioration significative du test FGA après intervention dans les deux groupes expérimentaux EC et RV avec une amélioration significative par rapport au groupe de contrôle (  $p < 0,05$  ), amélioration poursuivie au Follow-up. Bien que le test FGA du groupe RV reste légèrement supérieur à celui du groupe EC, l'intervention reçue dans le groupe RV s'avère être aussi efficace que l'intervention reçue dans le groupe EC ( aucune différence significative lors de la comparaison des données entre les deux groupes expérimentaux ).

**Tableau X : Résultats sur le test FGA**

	FGA (mean ± SD)							
	Contrôle		EC		RV		Follow- up  (suivi)	
	avant	après	avant	après	avant	après		
Feng & al. 2019	16.21± 2.58	18.43± 3.09 <sup>a</sup>	/		14.71± 2.67	21.21± 3.95 <sup>a*</sup>	/	
Liao & al. 2015	19.66 ± 4.27	19.33 ± 4.18	18.33 ± 3.14	22.66 ± 3.49*	18.66 ± 3.25	24.08 ± 2.81*	19.41 ± 4.25	Contrôle
							22.50 ± 3.60	EC
							24.00 ± 2.76	RV

\* $p < 0,05$  par rapport au groupe de contrôle / a = différence significative avant et après intervention avec  $p < 0,05$

#### 5.4.2 L'équilibre

##### Score BBS :

La comparaison des données **intragroupes** de l'étude de **Pazzaglia & al. (2019)** souligne une amélioration significative du score BBS post-intervention du groupe RV (  $p < 0,003$  ) par rapport au groupe EC (  $p < 0,441$  ).

La comparaison des données **intragroupes** de l'étude de **Feng & al. (2019)** note une amélioration significative du score BBS post-intervention dans les deux groupes ( EC et RV ) après intervention (  $p < 0,05$  ). De plus, la comparaison des données

**intergroupes** révèle une différence significative entre le groupe expérimental et le groupe de contrôle après intervention (  $p < 0,05$  ).

La comparaison des données **intragroupes** de l'étude de **Santos & al. (2019)** traduit une amélioration significative du score BBS dans les trois groupes après intervention (  $p < 0,05$  ). La comparaison des données **intergroupes** après intervention mène à la même conclusion c'est à dire une absence de différence significative entre les groupes (  $p < 0,968$  ). Or, il est à souligner le groupe couplant la RV et l'EC présentant les meilleurs résultats avec une hausse de 5,5 points au score BBS après intervention.

**Tableau XI : Résultats sur le score BBS**

	BBS (mean $\pm$ SD)					
	EC		RV + EC		RV	
	avant	après	avant	après	avant	après
<b>Pazzaglia &amp; al. 2019</b>	47.3 $\pm$ 7.6	48.1 $\pm$ 7.2	/		45.6 $\pm$ 7.9	49.2 $\pm$ 8.1 <sup>a</sup>
<b>Santos &amp; al. 2019</b>	40.5 $\pm$ 5.6	45.6 $\pm$ 5.4 <sup>a</sup>	41.6 $\pm$ 5.9	47.1 $\pm$ 5.4 <sup>a</sup>	43.9 $\pm$ 5.3	49.2 $\pm$ 4.4 <sup>a</sup>
<b>Feng &amp; al. 2019</b>	30.07 $\pm$ 3.87	32.00 $\pm$ 4.82 <sup>a</sup>	/		30.64 $\pm$ 3.91	36.71 $\pm$ 4.60 <sup>*a</sup>

*a = différence significative avant et après intervention avec  $p < 0,05$  / \* $p < 0,05$  par rapport au groupe de contrôle*

### Test TUG :

L'étude de **Feng & al. (2019)** note une amélioration significative du test TUG dans les deux groupes après intervention (  $p < 0,05$  ). De plus, la comparaison des données **intergroupes** note une différence significative entre le groupe expérimental et le groupe de contrôle après intervention (  $p < 0,05$  ).

Comme pour le score BBS, la comparaison des données **intragroupes** de l'étude de **Santos & al. (2019)** révèle une amélioration significative du test TUG dans les trois groupes après intervention (  $p < 0,05$  ). La comparaison des données **intergroupes** après intervention mène à la même conclusion c'est à dire une absence de différence significative entre les groupes (  $p < 0,824$  ).

**Tableau XII : Résultats du test TUG**

	TUG (mean ± SD)					
	Contrôle/EC		RV + EC		RV	
	avant	après	avant	après	avant	après
<b>Santos &amp; al. 2019</b>	10.7 ± 3.6	8.2 ± 2.5 <sup>a</sup>	13.9 ± 2.5	10.6 ± 2.5 <sup>a</sup>	11.5 ± 5.1	8.5 ± 2.1 <sup>a</sup>
<b>Feng &amp; al. 2019</b>	37.86 ± 3.92	35.14 ± 5.07 <sup>a</sup>	/		34.21 ± 6.41	30.93 ± 5.55 <sup>*a</sup>

*a = différence significative avant et après intervention avec  $p < 0,05$  /  $*p < 0,05$  par rapport au groupe de contrôle*

### Score DGI :

La comparaison des données **intragroupes** de l'étude de **Pazzaglia & al. (2019)** souligne une amélioration significative du score DGI post-intervention du groupe RV (  $p < 0,003$  ) par rapport au groupe EC (  $p < 0,776$  ).

Pour l'étude de **Santos & al. (2019)**, la conclusion reste la même que précédemment avec une amélioration significative du score DGI dans les trois groupes après intervention (  $p < 0,05$  ) et une absence de différence significative lors de la comparaison des données **intergroupes** après intervention (  $p < 0,227$  ).

**Tableau XIII : Résultats du score DGI**

	DGI (mean ± SD)					
	Contrôle/EC		RV + EC		RV	
	avant	après	avant	après	avant	après
<b>Pazzaglia &amp; al. 2019</b>	19.1 ± 2.9	19 ± 3.9	/		18.7 ± 4.7	20.2 ± 4.2 <sup>a</sup>
<b>Santos &amp; al. 2019</b>	15.6 ± 4.7	17.6 ± 3.6 <sup>a</sup>	15.8 ± 1.9	19.5 ± 2.2 <sup>a</sup>	15.7 ± 2.9	19 ± 3.1 <sup>a</sup>

*a = différence significative avant et après intervention avec  $p < 0,05$*

### 5.4.3 Mesure secondaire : la qualité de vie

#### L'échelle SF-36 :

L'étude de **Pazzaglia & al. (2019)** note une amélioration significative de l'échelle SF-36 au sein du groupe RV après l'intervention (  $p < 0,037$  ). En revanche, les résultats obtenus du groupe EC évoquent une diminution de ce score après intervention avec une diminution de 2,7 points (  $p < 0,086$  ).

**Tableau XIV : Résultats de l'échelle SF-36**

	Échelle SF-36 (mean $\pm$ SD)			
	EC		RV	
	avant	après	avant	après
<b>Pazzaglia &amp; al. 2019</b>	41.9 $\pm$ 12.8	39.2 $\pm$ 12.6	37.7 $\pm$ 11.4	43.5 $\pm$ 9.2*

\* = différence significative avant et après intervention avec  $p < 0,05$

#### L'échelle PDQ-39 :

L'étude de **Santos & al. (2019)** note une amélioration significative dans les trois groupes après intervention de l'échelle PDQ-39 (  $p < 0,05$  ). La comparaison des résultats intergroupes se traduit par la même conclusion que sur les autres paramètres évalués au cours de cette étude avec une absence de différence significative entre les trois groupes après intervention (  $p < 0,331$  ).

**Tableau XV : Résultats de l'échelle PDQ-39**

	Échelle PDQ-39					
	Contrôle/EC		RV + EC		RV	
	avant	après	avant	après	avant	après
<b>Santos &amp; al. 2019</b>	37.1 (24.5–45.3)	29.7 (22.4–35.1)*	32.7 (26.7–54)	25.7 (12.6–36.2)*	32.9 (22.4 – 36.2)	23.5 (17.9 - 32.3)*

\*Différence entre les scores avant et après traitement de la qualité de vie avec  $p < 0,05$ . Médiane (25-75 percentile).

## 6 DISCUSSION

Ce travail de recherche a pour objectif d'évaluer l'efficacité thérapeutique d'un protocole de rééducation utilisant la RV en vue d'une amélioration des troubles de l'équilibre chez un patient atteint par la MPi. Les études retenues pour la réalisation de cette revue de littérature sont caractérisées par leur hétérogénéité, tant sur le type d'intervention utilisant la RV, tant sur la durée des séances ( entre 20 et 60 minutes ) et leur fréquence ( allant de 2 à 5 fois par semaine ), tant enfin sur la durée totale du programme de rééducation ( entre 4 et 12 semaines ). De plus, l'hétérogénéité de ces études est marquée par une différence d'outils de mesure employés et des technologies RV utilisées qui diffèrent d'une étude à une autre.

Bien qu'il n'y ait pas de mesure spécifique pour évaluer les différents paramètres de marche et d'équilibre, les outils de mesure utilisés lors de notre travail de recherche ont été décrits comme étant d'une grande fiabilité par les recommandations européennes et sont également préconisés par une étude récente (54)(17).

### 6.1 ANALYSE DES RÉSULTATS

#### 6.1.1 *Concernant la marche*

Au cours de ce travail de recherche , trois études, **Liao & al. (2015)**, **De Melo & al. (2018)** ainsi que celle de **Feng & al. (2019)** (52)(49)(51), se sont penchées sur l'évaluations des paramètres marches suivants : la longueur de la foulée, la distance parcourue, la vitesse de marche et le test FGA. Ce dernier a été décrit comme pertinent dans l'évaluation des troubles de l'équilibre lors de la marche chez les patients atteints de MPi (55). Ces études ont utilisé des jeux vidéo ludiques pour la réalisation de leur intervention où le patient interagissait dans un milieu virtuel non-immersif.

La conclusion sur l'effet positif d'un traitement basé sur la réalité virtuelle ainsi que sur l'amélioration des paramètres de marche s'accorde avec ces trois études.

Premièrement, l'étude de **De Melo & al. (2018)** a porté l'accent sur l'utilisation du test TM6 afin de pouvoir quantifier la capacité de marche du patient atteint par la MPi. La pertinence quant à l'utilisation de ce test a été démontrée par deux études antérieures (56)(57). Cette étude a mis en lumière une augmentation significative de la distance parcourue ainsi que de la vitesse de marche pour les groupes ayant reçu des

traitements expérimentaux ( le premier utilisant la Kinect™ de la Xbox 360, le second un tapis roulant ) par rapport au groupe ayant suivi un traitement conventionnel ( avec  $p < 0,001$  ). Pour finir, cette étude démontre que le groupe ayant suivi une intervention couplée à la RV n'est pas plus efficace que le groupe ayant suivi une intervention sur tapis roulant ( avec une absence de différence significative lors de la comparaison transversale des deux groupes expérimentaux ).

La conclusion de cette étude rejoint celle émise par l'étude de **Liao & al. (2019)** et montre que le bras expérimental ayant reçu une intervention couplée à la RV ( ici la Wii™ ) est aussi efficace que le groupe expérimental ayant reçu un entraînement conventionnel ( avec une absence de différence significative des résultats obtenus après intervention ). Cependant, cette étude a également permis de prouver l'effet positif d'un traitement RV avec une amélioration significative de la longueur de la foulée ainsi que le test FGA ( avec  $p < 0,05$  ) après l'intervention ( avec une persistance des améliorations pendant 30 jours ) par rapport au groupe de contrôle n'ayant suivi aucun entraînement.

L'une des hypothèses pouvant noter un manque de différence notable entre ces deux groupes est la formation sur tapis roulant avant chaque intervention dans les deux groupes. En effet, une étude récente démontre que la marche sur tapis roulant est une intervention qui améliore les paramètres de la marche chez les patients âgés atteints de la MPi (58).

Cependant, l'étude de **Feng & al. (2019)** démontre l'efficacité de l'utilisation de la Kinect Xbox 360™ dans un programme de rééducation incluant la RV sur l'amélioration du score FGA. En effet, elle est marquée par une différence significative lors de la comparaison transversale des données après intervention entre le groupe RV et le groupe ayant eu recours à l'entraînement conventionnel ( avec  $p < 0,05$  ). L'intervention de la RV au sein du groupe expérimental s'est révélée comme étant plus efficace que celle du groupe de contrôle utilisant un traitement conventionnel.

L'une des raisons possibles de cet effet positif sur l'amélioration de la marche serait un gain de force musculaire acquis au cours des différents exercices. Il a été démontré que l'augmentation de la force musculaire ( notamment des membres inférieurs ) induit une augmentation des capacités de marche chez les patients atteints de la MPi (59). L'augmentation de la force musculaire entre en corrélation avec la répétition des exercices délivrés par les systèmes de RV ( Wii™ ou Xbox 360™ ). Les exercices sont présentés sous la forme de jeux ludiques ( comme le jeu Fitness Evolved 2012 Run

the World utilisé dans l'étude de **De Melo & al.** ) où le thérapeute peut moduler la difficulté des différents niveaux en fonction de l'âge ainsi que du stade de la MPi. Un système de récompense est mis en place à la fin de chaque niveau permettant d'accroître l'intérêt pour les tâches dans le but de stimuler et de maintenir la motivation des patients induisant une répétition des exercices (52)(49)(51). En effet la motivation, liée à l'utilisation des technologies de RV, est un facteur clef pour le succès d'une rééducation à long terme des maladies chroniques telles que la MPi. Elle conditionne la réussite dans l'apprentissage des exercices et entre en corrélation avec l'amélioration des performances physiques (60)(61).

### *6.1.2 Concernant l'équilibre*

Trois études, **Pazzaglia & al. (2019)**, **Santos & al. (2019)** et **Feng & al. (2019)**, ont évalué les paramètres de l'équilibre suivant : l'échelle BBS, l'échelle DGI, ainsi que le test TUG. L'étude de **Pazzaglia & al.** et celle de **Santos & al.** ont également utilisé des jeux vidéo ludiques pour la réalisation de leur intervention où le patient interagit soit dans un milieu virtuel non-immersif (50)(51), soit dans un environnement virtuel offrant une immersion totale sur le plan visuel et auditif (43).

L'étude menée par **Santos & al. (2019)** a étudié l'impact de l'utilisation de la Wii Fit™ seule ou couplée à un programme d'entraînement conventionnel dans la rééducation de l'équilibre d'un patient atteint par la MPi.

Les 3 bras expérimentaux ( comprenant un groupe EC, un groupe RV et un dernier groupe combinant la RV et l'EC ) indiquent tous une amélioration significative du score des échelles DGI et BSS ainsi que celui du test TUG ( avec  $p < 0,05$  ) après l'intervention.

Bien que l'étude met en exergue un effet positif de la RV sur l'amélioration de l'équilibre, cette dernière conclut que l'ajout de la RV à un traitement conventionnel n'est pas plus efficace qu'un entraînement conventionnel seul ou qu'un entraînement utilisant la RV seul. Une des hypothèses pouvant expliquer le manque de supériorité du groupe couplant la RV à un entraînement conventionnel est le manque d'intensité fournie au cours des séances. En effet, le temps des exercices a été réduit de 50% ( 20 minutes d'exercices en RV et 20 minutes d'exercices conventionnels ) par rapport aux deux autres groupes ( 40 minutes d'exercices en RV seuls et 40 minutes

d'exercices conventionnels seuls ). Cette diminution peut freiner l'atteinte d'une intensité maximale de la séance en raison du changement d'intervention au cours de celle-ci.

Une étude comparative rapporte l'importance du temps accordé aux exercices au cours des séances permettant l'augmentation de leur apprentissage ainsi que leur répétition (61).

Cependant, l'efficacité d'une intervention incluant un programme RV a été démontrée comme étant supérieure à un traitement suivant un protocole conventionnel dans deux études. Les résultats de ces études sont cohérents avec ceux émis par d'autres auteurs qui ont évalué les effets de la VR sur des patients atteints par la MPI (62)(63)(64)(66). La première étude qui a mené à cette conclusion est celle de **Pazzaglia & al. (2019)**. Cette étude affirme l'effet positif d'un programme intégrant la RV sur l'équilibre. En effet, les résultats obtenus dans le groupe incluant la RV montrent une amélioration significative des échelles BBS et DGI après intervention ( avec  $p < 0,003$  pour les deux échelles ). A l'inverse, le groupe de contrôle présentant un programme d'entraînement conventionnel n'émet aucune amélioration significative de ces échelles ( avec  $p < 0,441$  pour l'échelle BBS et  $p < 0,776$  pour l'échelle DGI ).

La seconde étude est celle menée par **Feng & al . (2019)** qui, comme pour l'évaluation du score FGA, a également démontré que l'application d'un protocole de rééducation incluant la VR ( ici la Wii couplée à la Balance Board ) s'avère être plus efficace dans l'amélioration de l'équilibre qu'une intervention ayant suivi un protocole conventionnel de rééducation. En effet, la comparaison transversale des données de l'échelle BBS ainsi que celles du test TUG obtenues après intervention nous montre une différence significative entre le groupe RV et le groupe ayant suivi un entraînement conventionnel ( avec  $p < 0,05$  ).

Plusieurs hypothèses viennent étayer la théorie sur l'efficacité d'un programme de rééducation par la RV dans l'amélioration de l'équilibre chez un patient atteint de MPI. Premièrement, afin de pallier au déficit moteur qu'entraîne la dérégulation des noyaux gris centraux chez le patient, plusieurs études prouvent que l'utilisation d'indices visuels externes permet une amélioration des capacités d'intégration sensorielle ; elle se traduit par une augmentation des paramètres de marche ainsi que ceux de l'équilibre. En effet, les indices visuels externes permettent une modulation du flux visuel perçu par le patient qui induit l'activation de certaines voies en passant outre le circuit lésé des ganglions de base (65)(66). De plus, l'ensemble des technologies RV



permet un biofeedback ( c'est à dire un retour par l'image en direct de l'action effectuée par le patient ) donnant la possibilité au patient d'effectuer des ajustements posturaux en temps réel. Ces ajustements sont guidés par des indices visuels ( retranscrits sur l'écran d'affichage ) et sonores délivrés au travers des jeux vidéo (61)(62)(63)(64)(67).

### *6.1.3 Concernant la qualité de vie*

Il a été fait le choix d'intégrer l'évaluation de la qualité de vie au travail de recherche dans le but de déterminer le retentissement des améliorations prodiguées par un programme usant la RV sur la qualité de vie. Comme décrite précédemment, l'apparition des troubles moteurs et cognitifs lors de l'évolution de la MPi ont une répercussion sur la qualité de vie (13).

Ce paramètre est mentionné par l'ensemble des études mises en avant pour ce travail de recherche. Or, seules deux d'entre elles l'ont évalué.

Tout d'abord, l'étude de **Santos & al. (2019)** conclut de l'effet positif quant à l'utilisation d'un programme RV couplé à un programme de rééducation conventionnel sur l'amélioration de la qualité de vie. En revanche, l'étude met en lumière la même conclusion que pour l'équilibre avec une amélioration significative de la qualité de vie après intervention dans les trois groupes ( EC, EC + RV et RV ) ( avec  $p < 0,05$  ), ce qui marque une absence de prévalence du groupe EC + RV avec une efficacité identique aux deux autres groupes.

On retrouve également l'étude de **Pazzaglia & al. (2019)** qui s'est appuyée sur l'échelle SF-36 pour l'évaluation de la qualité de vie des patients atteints de MPi.

L'auteur conclut que l'intervention incluant la RV serait plus efficace pour améliorer la qualité de vie que celle incluant le groupe de contrôle. En effet, les résultats révèlent une amélioration significative de l'échelle SF-36 après intervention dans la groupe expérimental incluant la RV ( avec  $p < 0,037$  ) par rapport au groupe de contrôle (avec  $p < 0,086$  ).

Ces résultats corroborent avec ceux émis par une étude récente ( **Peidreira & al. (2018)** ) qui souligne que l'application d'exercices au sein d'un traitement conventionnel de la MPi implique une baisse de motivation des patients, due à une certaine monotonie et redondance des exercices employés. Les programmes RV sont perçus comme novateurs et permettent donc aux patients d'être plus impliqués dans

leur rééducation. (68) De surcroît, une autre étude ( **Alves & al. (2018)** ) met en évidence une corrélation entre l'augmentation de l'anxiété et l'apparition des troubles moteurs tels que les dyskinésies. Cette étude a démontré notamment l'intérêt de l'utilisation du jeu Wii Fit dans la diminution de l'anxiété du patient au cours de la réalisation des séances. Cette diminution est notamment liée à l'utilisation, dans les jeux vidéo, d'un graphisme et des sonorités simplifiés et donc adaptés à tous (69) .

## 6.2 LIMITE DES ÉTUDES RETENUES

### 6.2.1 *Concernant la population des études*

Tout d'abord, la taille des échantillons inclus pour notre revue est insuffisamment élevée. Avec un total de 193 participants, l'ensemble des études retenues ne présentait qu'un échantillon inférieur ou égal à 51 participants. Cette faiblesse, quant à l'inclusion du nombre de participants pour notre revue, induit un biais important quant à l'interprétation de nos résultats les rendant difficilement généralisables.

En effet, la probabilité de démontrer la fiabilité d'un travail de recherche est d'autant plus élevée que le nombre de participants est grand, car cela permet de fournir une plus grande puissance statistique ainsi qu'une plus grande généralisation des résultats (70).

Ensuite, l'âge moyen de la population étudiée est de 65,2 ans avec un score de l'échelle de Hoen & Yahr majoritairement compris entre I et III. Par conséquent, les résultats de notre revue ne peuvent pas être représentatifs de toute la population atteinte de MPi. De plus, l'étude de **Pazzaglia & al. (2019)** ne mentionne pas ce dernier paramètre.

### 6.2.2 *Concernant les interventions des études*

Dans un premier temps, l'ensemble des études retenues lors de ces recherches n'ont pu se prêter à une évaluation à double insu ( à double aveugle ). Le système de double insu est le plus souvent impossible à mettre en place sur des études non pharmacologiques pour des raisons éthiques ou pratiques (71). L'absence d'insu ( ou d'aveugle ) des praticiens de santé, chercheurs et patients suscite néanmoins un

risque de biais important pouvant octroyer une influence positive ou négative sur les performances obtenues ainsi que sur les résultats finaux des études. D'autre part, seule l'étude de **Liao & al. (2015)** évoque des données statistiques de suivi 30 jours après l'intervention. L'absence de suivi de la majorité des études abordées traduit un manque de connaissance quant à la continuité des améliorations perçues à la suite des interventions. De surcroît, cette même étude mentionne l'utilisation d'un tapis roulant avant chaque intervention. Bien que l'intensité de cet échauffement soit relativement faible ( 15 minutes ), elle peut être source de biais quant à la pertinence des résultats obtenus (58). Enfin, il faut rester prudent quant à l'interprétation des résultats de l'étude de **Santos & al. (2019)** qui souligne un manque d'intensité des séances menées à l'intérieur du groupe expérimental, couplant des exercices en RV et des exercices conventionnels.

### *6.2.3 Les effets indésirables*

Parmi l'ensemble des études retenues, une seule étude, celle de **Pazzaglia & al. (2019)**, mentionne l'apparition d'effets indésirables en lien direct avec l'intervention proposée. En effet, elle explicite une difficulté quant à la réalisation des exercices du groupe incluant un programme RV ainsi qu'une fatigue ( avec une prédominance visuelle ) ressentie par l'ensemble des patients après les séances. Pour rappel, cette présente étude utilise un système d'immersion totale ( Nirvana™ BTS Bioengineering ) plongeant le patient à l'intérieur d'un environnement virtuel. Cela nous conduit à nous poser la question suivante : l'utilisation d'une telle technologie convient-elle à une population âgée de plus de 60 ans ? Une étude comparative incluant 16 sujets sains évoque qu'il était plus facile pour ces derniers de se fatiguer en regardant une vidéo en réalité virtuelle qu'en regardant une vidéo présentée par un afficheur traditionnel pendant un temps donné (72). D'autres études sont nécessaires pour évaluer une plus grande taille d'échantillon afin de quantifier les potentiels effets indésirables d'un environnement virtuel immersif sur une population âgée.

#### 6.2.4 Influence pharmacologique

La majorité des auteurs ont renseigné sur le type de médication utilisée (traitement utilisant des substituts dopaminergiques comme le L-Dopa ou le Levodopa ) ainsi que sur la stabilité du traitement tout au long de la durée de l'étude. Seule l'étude de **Liao & al. (2015)** ne met pas l'accent sur ce paramètre.

L'ensemble des études retenues a été effectué lors de la phase dite « ON », c'est à dire la phase où le traitement est efficace car il procure une absence de dyskinésie ; celle-ci est soulignée par une diminution des tremblements ainsi qu'un certain nombre d'améliorations cliniques telles que l'équilibre postural (73). Cependant, ce moyen de médication peut aboutir à une stimulation excessive des récepteurs dopaminergiques ou à l'inverse une modification de leur sensibilité pouvant impacter différents paramètres de marche en phase dite « ON ». (73)

L'impact pharmacologique doit être pris en considération dans l'interprétation des résultats.

### 6.3 LIMITE DE LA REVUE

Dans un premier temps, il est judicieux de rappeler que la conception de cette revue a été faite dans le cadre de la validation de l'unité d'enseignement n°28. Elle ne doit être interprétée non pas en tant que travail de recherche mais bien en tant que travail d'initiation à la recherche.

De surcroît, il existe une autre limite qui renvoie à la méthodologie utilisée pour la création de cette revue puisque qu'elle a été rédigée par un seul et même auteur. En effet, l'outil d'évaluation AMSTAR 2 met l'accent sur la sélection des articles retenus devant être réalisée par deux auteurs indépendants et faite de manière concomitante. La pertinence quant au choix des articles d'une étude s'appuie enfin sur l'avis d'un troisième professionnel qui doit pouvoir trancher en cas de divergence des deux auteurs. Or, ce travail n'a pas pu bénéficier de cette modalité amenant un risque quant à l'exclusion de certaines études pouvant être pertinentes et représente donc un biais de sélection des études pour ce travail de recherche (74).

Enfin, les articles sélectionnés pour notre revue présentent de nombreuses hétérogénéités sur les modalités d'intervention, le matériel utilisé et les outils de

mesures employés. Il en va de même pour la durée, l'intensité ainsi que la fréquence des interventions elles aussi hétéroclites.

Cette différence entre études complexifie la comparaison transversale des données et permet uniquement l'émission d'hypothèses sur la pertinence de l'efficacité de la RV au sein d'un programme de rééducation dédiée aux patients atteints par la MPi.

## 6.4 PERSPECTIVE DE RECHERCHE

À l'issue de la réalisation de cette revue, nous nous sommes interrogés sur l'utilisation d'autres protocoles que ceux mentionnés dans l'étude.

Tout d'abord, cette revue n'établit qu'une comparaison entre un programme de rééducation conventionnelle à un autre incluant la RV. Il serait pertinent de comparer différents types d'appareils de RV entre eux afin de déterminer lequel serait le meilleur outil pour le traitement des troubles de l'équilibre chez un patient parkinsonien.

Une hypothèse a été émise par l'étude d' **Alves & al. (2018)** (69) qui s'est penché sur la comparaison de la Kinect Xbox 360™ avec la Nintendo Wii™ sur l'amélioration de la qualité de vie et de certaines compétences cognitives et motrices chez des patients atteints de MPi. Les auteurs ont accordé un léger avantage à la Nintendo Wii pour son interface plus simple et moins distrayante que celle de la Kinect de la Xbox 360™.

Enfin, les jeux vidéo utilisés dans cette revue tels que Wii Sport ou encore Fitness Evolved 2012 sont des jeux préexistants dans le commerce et dédiés en premier lieu à une population jeune et ne sont pas spécifiquement conçus pour une population atteinte de troubles neurodégénératifs comme la MPi. L'élaboration d'un jeu coordonné avec le thérapeute et un « Game Designer » ( professionnel dans la conception de jeux vidéo ), représenterait une perspective intéressante afin de cibler au mieux les besoins des patients dans leur rééducation.

## 7 CONCLUSION

C'est dans un contexte d'augmentation du nombre de maladies neurodégénératives associé à un essor d'innovations technologiques que notre questionnement s'est naturellement posé. L'objectif de ce travail d'initiation à la recherche était d'évaluer l'efficacité d'un nouvel axe de traitement de la MPi par l'utilisation de la réalité virtuelle. Au regard de l'ensemble des résultats qui nous ont été fournis par ces études, seuls deux d'entre eux émettent des données significatives sur l'amélioration de la prise en charge d'un patient atteint de MPi avec l'inclusion de la RV au sein du programme de réadaptation (43)(51). Les trois études restantes ((49)(50)(52)) soulignent l'amélioration des différents paramètres relatifs : à la marche ( avec la distance parcouru, la longueur de la foulée... ), à l'équilibre ( les scores BBS, TUG et DGI ) mais aussi à l'amélioration de la qualité de vie en lien avec la mobilité ( SF-36, PDQ-39 ) lors de l'utilisation de la RV au sein de leurs protocoles. Cependant, lors de la comparaison transversale des données intergroupes, ces études n'ont révélé aucune différence significative entre les groupes expérimentaux et de contrôles.

En conclusion, l'analyse de l'ensemble des études ne nous permet que d'émettre une hypothèse quant à la pertinence de l'inclusion d'un système de RV au sein de la pratique professionnelle. En effet, l'utilisation de la RV s'avère être un outil efficace pour améliorer les troubles de l'équilibre chez un patient atteint par la MPi. Ce nouvel axe de traitement ne doit pas être perçu comme un moyen de substitution mais plutôt comme un complément aux traitements conventionnels préexistants. Un plus grand nombre d'essais cliniques avec un échantillon plus représentatif est essentiel pour la validation de notre hypothèse.

## 8 BIBLIOGRAPHIE

1. Moisan - FRÉQUENCE DE LA MALADIE DE PARKINSON EN FRANCE EN .pdf.
2. Freuen ND, Norton NS. Parkinson's Disease\*. In: Enna SJ, Bylund DB, éditeurs. xPharm: The Comprehensive Pharmacology Reference [Internet]. New York: Elsevier; 2007 [cité 17 sept 2020]. p. 1-6. Disponible sur: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780080552323606427>
3. Éducation thérapeutique du patient (ETP) [Internet]. Haute Autorité de Santé. [cité 18 sept 2020]. Disponible sur: [https://www.has-sante.fr/jcms/c\\_1241714/fr/education-therapeutique-du-patient-etp](https://www.has-sante.fr/jcms/c_1241714/fr/education-therapeutique-du-patient-etp)
4. Tomlinson CL, Herd CP, Clarke CE, Meek C, Patel S, Stowe R, et al. Physiotherapy for Parkinson's disease: a comparison of techniques. Cochrane Movement Disorders Group, éditeur. Cochrane Database Syst Rev [Internet]. 17 juin 2014 [cité 18 sept 2020]; Disponible sur: <http://doi.wiley.com/10.1002/14651858.CD002815.pub2>
5. de Melo GEL, Kleiner AFR, Lopes JBP, Dumont AJL, Lazzari RD, Galli M, et al. Effect of virtual reality training on walking distance and physical fitness in individuals with Parkinson's disease. *NeuroRehabilitation*. 29 juin 2018;42(4):473-80.
6. Kalia LV, Lang AE. Parkinson's disease. *Lancet Lond Engl*. 29 août 2015;386(9996):896-912.
7. guide\_parours\_de\_soins\_parkinson.pdf [Internet]. [cité 6 oct 2020]. Disponible sur: [https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2012-04/guide\\_parours\\_de\\_soins\\_parkinson.pdf](https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2012-04/guide_parours_de_soins_parkinson.pdf)
8. DeMaagd G, Philip A. Parkinson's Disease and Its Management. *Pharm Ther*. août 2015;40(8):504-32.
9. Belvisi D, Pellicciari R, Fabbrini G, Tinazzi M, Berardelli A, Defazio G. Modifiable risk and protective factors in disease development, progression and clinical subtypes of Parkinson's disease: What do prospective studies suggest? *Neurobiol Dis*. 2020;134:104671.
10. B D, P R, F A, C M, P S, L M, et al. Risk factors of Parkinson's disease: Simultaneous assessment, interactions and etiological subtypes. *Neurology* [Internet]. 17 sept 2020 [cité 14 oct 2020]; Disponible sur: <https://europepmc.org/article/med/32943485>
11. Ascherio A, Schwarzschild MA. The epidemiology of Parkinson's disease: risk factors and prevention. *Lancet Neurol*. nov 2016;15(12):1257-72.
12. Demaagd G, Philip AE. Parkinson's Disease and Its Management: Part 1: Disease Entity, Risk Factors, Pathophysiology, Clinical Presentation, and Diagnosis. *P T Peer-Rev J Formul Manag*. 2015;
13. Masson E. Maladie de Parkinson idiopathique : aspects cliniques, diagnostiques et thérapeutiques [Internet]. EM-Consulte. [cité 20 oct 2020]. Disponible sur: <https://www.em-consulte.com/article/232390/maladie-de-parkinson-idiopathique-aspects-clinique>
14. Grimes D, Fitzpatrick M, Gordon J, Miyasaki J, Fon EA, Schlossmacher M, et al. Canadian guideline for Parkinson disease. *CMAJ Can Med Assoc J*. 9 sept 2019;191(36):E989-1004.
15. Parkinson (maladie de) [Internet]. Inserm - La science pour la santé. [cité 21 oct 2020]. Disponible sur: <https://www.inserm.fr/information-en-sante/dossiers-information/parkinson-maladie>
16. Magrinelli F, Picelli A, Tocco P, Federico A, Roncari L, Smania N, et al. Pathophysiology of Motor Dysfunction in Parkinson's Disease as the Rationale for Drug Treatment and Rehabilitation. *Park Dis*. 2016;2016:9832839.
17. Keus S, Munneke M, Graziano M, Paltamaa J, Pelosin E, Domingos J, et al. European

Physiotherapy Guideline for Parkinson's Disease. 2014;191.

18. Masson E. Maladie de Parkinson et syndromes parkinsoniens : les signes moteurs [Internet]. EM-Consulte. [cité 20 oct 2020]. Disponible sur: <https://www.em-consulte.com/article/1108999/maladie-de-parkinson-et-syndromes-parkinsoniens> -1
19. T C, K T. Parkinson Disease. Home Healthc Now. 1 juin 2016;34(6):300-7.
20. Whittle M. Gait analysis an introduction [Internet]. Edinburgh; New York: Butterworth-Heinemann; 2007 [cité 4 nov 2020]. Disponible sur: <http://www.sciencedirect.com/science/book/9780750688833>
21. Viel E. La marche humaine, la course et le saut: biomécanique, explorations, normes et dysfonctionnements. Paris: Masson; 2000.
22. Shumway-Cook A, Woollacott MH. Motor Control: translating research into clinical practice. 2017.
23. Schlenstedt C, Muthuraman M, Witt K, Weisser B, Fasano A, Deuschl G. Postural control and freezing of gait in Parkinson's disease. Parkinsonism Relat Disord. 1 mars 2016;24:107-12.
24. Masson E. Contrôle postural : physiologie, concepts principaux et implications pour la réadaptation [Internet]. EM-Consulte. [cité 8 nov 2020]. Disponible sur: <https://www.em-consulte.com/article/1073627/controle-postural-physiologie-concepts-principaux> -
25. Masson E. Troubles de la statique au cours des affections neurologiques évolutives : syndromes parkinsoniens et pathologies musculaires [Internet]. EM-Consulte. [cité 9 nov 2020]. Disponible sur: <https://www.em-consulte.com/article/280863/troubles-de-la-statique-au-cours-des-affections-ne>
26. Vieux FJF, Delval A, Defebvre L, Simoneau M. Postural instability in Parkinson's disease: Review and bottom-up rehabilitative approaches. Neurophysiol Clin [Internet]. 7 nov 2020 [cité 9 nov 2020]; Disponible sur: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0987705320301234>
27. Masson E. Les signes non moteurs de la maladie de Parkinson [Internet]. EM-Consulte. [cité 9 nov 2020]. Disponible sur: <https://www.em-consulte.com/medecine/article/1109000/article/les-signes-non-moteurs-de-la-maladie-de-parkinson>
28. Salawu FK, Danburam A, Olokoba AB. Non-motor symptoms of Parkinson's disease: diagnosis and management. Niger J Med J Natl Assoc Resid Dr Niger. juin 2010;19(2):126-31.
29. Defebvre L. L'échelle MDS-UPDRS. Prat Neurol - FMC. 1 sept 2018;9(3):192-4.
30. maladie\_de\_parkinson\_et\_syndromes\_apparentes\_-\_rapport\_delaboration.pdf [Internet]. [cité 10 nov 2020]. Disponible sur: [https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2016-07/maladie\\_de\\_parkinson\\_et\\_syndromes\\_apparentes\\_-\\_rapport\\_delaboration.pdf](https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2016-07/maladie_de_parkinson_et_syndromes_apparentes_-_rapport_delaboration.pdf)
31. Bloem BR, Marinus J, Almeida Q, Dibble L, Nieuwboer A, Post B, et al. Measurement instruments to assess posture, gait, and balance in Parkinson's disease: Critique and recommendations. Mov Disord Off J Mov Disord Soc. 2016;31(9):1342-55.
32. Armstrong MJ, Okun MS. Diagnosis and Treatment of Parkinson Disease: A Review. JAMA. 11 2020;323(6):548-60.
33. Perlmuter JS, Mink JW. Deep Brain Stimulation. Annu Rev Neurosci. 2006;29:229-57.
34. Masson E. Autres prises en charge dans la maladie de Parkinson : psychologique, rééducative, éducation thérapeutique et nouvelles technologies [Internet]. EM-Consulte. [cité 11 nov 2020]. Disponible sur: <https://www.em-consulte.com/article/1098387/autres-prises-en-charge-dans-la-maladie-de-parkinson>
35. guide\_pratique\_de\_la\_ngap\_en\_masso-kinesitherapie\_5\_web-2019\_cpam-ain.pdf



- [Internet]. [cité 11 nov 2020]. Disponible sur: [https://www.ameli.fr/sites/default/files/guide\\_pratique\\_de\\_la\\_ngap\\_en\\_masso-kinesitherapie\\_5\\_web-2019\\_cpam-ain.pdf](https://www.ameli.fr/sites/default/files/guide_pratique_de_la_ngap_en_masso-kinesitherapie_5_web-2019_cpam-ain.pdf)
36. Masson E. Place de la kinésithérapie dans la maladie de Parkinson : recommandations cliniques et littératures [Internet]. EM-Consulte. [cité 12 nov 2020]. Disponible sur: <https://www.em-consulte.com/article/926680/place-de-la-kinesitherapie-dans-la-maladie-de-park>
  37. Dlm R, A LS de L, J D, Shj K, M van N, Br B, et al. Physiotherapy in Parkinson's Disease: A Meta-Analysis of Present Treatment Modalities. *Neurorehabil Neural Repair*. 11 sept 2020;34(10):871-80.
  38. Hubert. La maladie de Parkinson. L'eau qui coule ne gèle pas | A.M.U.B. [Internet]. [cité 12 nov 2020]. Disponible sur: <https://www.amub.be/revue-medicale-bruxelles/article/la-maladie-de-parkinson.-leau-qui-coule-ne-gele-pa-749>
  39. Fuchs P, Moreau G. Le traité de la réalité virtuelle. Paris: École des Mines de Paris; 2006.
  40. Fuchs P. Les casques de réalité virtuelle et de jeux vidéo. Paris: Presses des Mines - Transvalor; 2016.
  41. Masson E. Réalité virtuelle et rééducation [Internet]. EM-Consulte. [cité 13 nov 2020]. Disponible sur: <https://www.em-consulte.com/article/750689/realite-virtuelle-et-reeducation>
  42. Intérêt de la Wii Fit™ dans la rééducation de l'équilibre debout - PDF Free Download [Internet]. coek.info. [cité 13 nov 2020]. Disponible sur: <https://coek.info/pdf--interet-de-la-wii-fit-dans-la-reeducation-de-lequilibre-debout-.html>
  43. Pazzaglia C, Imbimbo I, Tranchita E, Minganti C, Ricciardi D, Lo Monaco R, et al. Comparison of virtual reality rehabilitation and conventional rehabilitation in Parkinson's disease: a randomised controlled trial. *Physiotherapy*. mars 2020;106:36-42.
  44. Imam B, Jarus T. Virtual Reality Rehabilitation from Social Cognitive and Motor Learning Theoretical Perspectives in Stroke Population [Internet]. Vol. 2014, Rehabilitation Research and Practice. Hindawi; 2014 [cité 13 nov 2020]. p. e594540. Disponible sur: <https://www.hindawi.com/journals/rerp/2014/594540/>
  45. Piette P. Réalité virtuelle et rééducation [Internet]. EM-Consulte. 2012 [cité 13 nov 2020]. Disponible sur: <https://www.em-consulte.com/article/750689/realite-virtuelle-et-reeducation>
  46. Glennon C, McElroy SF, Connelly LM, Mische Lawson L, Bretches AM, Gard AR, et al. Use of Virtual Reality to Distract From Pain and Anxiety. *Oncol Nurs Forum*. 02 2018;45(4):545-52.
  47. Le MeSH bilingue [Internet]. Inserm - La science pour la santé. [cité 13 nov 2020]. Disponible sur: <https://www.inserm.fr/professionnels-recherche/information-scientifique-et-technique/mesh-bilingue>
  48. Bekkers EMJ, Mirelman A, Alcock L, Rochester L, Nieuwhof F, Bloem BR, et al. Do Patients With Parkinson's Disease With Freezing of Gait Respond Differently Than Those Without to Treadmill Training Augmented by Virtual Reality? *Neurorehabil Neural Repair*. mai 2020;34(5):440-9.
  49. de Melo GEL, Kleiner AFR, Lopes JBP, Dumont AJL, Lazzari RD, Galli M, et al. Effect of virtual reality training on walking distance and physical fitness in individuals with Parkinson's disease. *NeuroRehabilitation*. 2018;42(4):473-80.
  50. Santos P, Machado T, Santos L, Ribeiro N, Melo A. Efficacy of the Nintendo Wii combination with Conventional Exercises in the rehabilitation of individuals with Parkinson's disease: A randomized clinical trial. *NeuroRehabilitation*. 2019;45(2):255-63.
  51. Feng H, Li C, Liu J, Wang L, Ma J, Li G, et al. Virtual Reality Rehabilitation Versus Conventional Physical Therapy for Improving Balance and Gait in Parkinson's Disease

- Patients: A Randomized Controlled Trial. *Med Sci Monit Int Med J Exp Clin Res.* 5 juin 2019;25:4186-92.
52. Liao Y-Y, Yang Y-R, Wu Y-R, Wang R-Y. Virtual Reality-Based Wii Fit Training in Improving Muscle Strength, Sensory Integration Ability, and Walking Abilities in Patients with Parkinson's Disease: A Randomized Control Trial. *Int J Gerontol.* 1 déc 2015;9(4):190-5.
  53. Échelle PEDro [Internet]. PEDro. [cité 10 mars 2021]. Disponible sur: <https://staging-pedro.neura.edu.au/french/resources/pedro-scale/>
  54. Measurement instruments to assess posture, gait, and balance in Parkinson's disease: Critique and recommendations - Bloem - 2016 - Movement Disorders - Wiley Online Library [Internet]. [cité 30 mars 2021]. Disponible sur: <https://movementdisorders.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/mds.26572>
  55. Wrisley DM, Marchetti GF, Kuharsky DK, Whitney SL. Reliability, internal consistency, and validity of data obtained with the functional gait assessment. *Phys Ther.* oct 2004;84(10):906-18.
  56. Schenkman M, Cutson TM, Kuchibhatla M, Chandler J, Pieper C. Reliability of impairment and physical performance measures for persons with Parkinson's disease. *Phys Ther.* janv 1997;77(1):19-27.
  57. Steffen T, Seney M. Test-retest reliability and minimal detectable change on balance and ambulation tests, the 36-item short-form health survey, and the unified Parkinson disease rating scale in people with parkinsonism. *Phys Ther.* juin 2008;88(6):733-46.
  58. PubMed Central Full Text PDF [Internet]. [cité 5 avr 2021]. Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7687915/pdf/2317-6385-eins-18-eRW5233.pdf>
  59. Tambosco L, Percebois-Macadré L, Rapin A, Nicomette-Bardel J, Boyer FC. Rehabilitation and Parkinson's disease: Relevance of a strength training protocol. *Ann Phys Rehabil Med.* 2014;57(2):79-104.
  60. Mhatre PV, Vilares I, Stibb SM, Albert MV, Pickering L, Marciniak CM, et al. Wii Fit balance board playing improves balance and gait in Parkinson disease. *PM R.* sept 2013;5(9):769-77.
  61. dos Santos Mendes FA, Pompeu JE, Modenesi Lobo A, Guedes da Silva K, Oliveira T de P, Peterson Zomignani A, et al. Motor learning, retention and transfer after virtual-reality-based training in Parkinson's disease--effect of motor and cognitive demands of games: a longitudinal, controlled clinical study. *Physiotherapy.* sept 2012;98(3):217-23.
  62. Carpinella I, Cattaneo D, Bonora G, Bowman T, Martina L, Montesano A, et al. Wearable Sensor-Based Biofeedback Training for Balance and Gait in Parkinson Disease: A Pilot Randomized Controlled Trial. *Arch Phys Med Rehabil.* avr 2017;98(4):622-630.e3.
  63. Lina C, Guoen C, Huidan W, Yingqing W, Ying C, Xiaochun C, et al. The Effect of Virtual Reality on the Ability to Perform Activities of Daily Living, Balance During Gait, and Motor Function in Parkinson Disease Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Am J Phys Med Rehabil.* oct 2020;99(10):917-24.
  64. Chen Y, Gao Q, He C-Q, Bian R. Effect of Virtual Reality on Balance in Individuals With Parkinson Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Phys Ther.* 23 juin 2020;100(6):933-45.
  65. Luessi F, Mueller LK, Breimhorst M, Vogt T. Influence of visual cues on gait in Parkinson's disease during treadmill walking at multiple velocities. *J Neurol Sci.* 15 mars 2012;314(1-2):78-82.
  66. Azulay J-P, Mesure S, Blin O. Influence of visual cues on gait in Parkinson's disease: contribution to attention or sensory dependence? *J Neurol Sci.* 25 oct 2006;248(1-2):192-5.
  67. What About the Role of Virtual Reality in Parkinson Disease's Cognitive

Rehabilitation? Preliminary Findings From a Randomized Clinical Trial - PubMed [Internet]. [cité 9 avr 2021]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30360679/>

68. Pedreira G, Prazeres A, Cruz D, Gomes I, Monteiro L, Melo A. Virtual games and quality of life in Parkinson's disease: A randomised controlled trial. *Adv Park Dis*. 2013;02(04):97-101.

69. Alves MLM, Mesquita BS, Morais WS, Leal JC, Satler CE, Dos Santos Mendes FA. Nintendo Wii™ Versus Xbox Kinect™ for Assisting People With Parkinson's Disease. *Percept Mot Skills*. juin 2018;125(3):546-65.

70. eval\_interventions\_ameliorer\_pratiques\_guide.pdf [Internet]. [cité 8 avr 2021].

Disponible sur: [https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/eval\\_interventions\\_ameliorer\\_pratiques\\_guide.pdf](https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/eval_interventions_ameliorer_pratiques_guide.pdf)

71.

guide\_methodologique\_pour\_le\_developpement\_clinique\_des\_dispositifs\_medicaux.pdf [Internet]. [cité 8 avr 2021]. Disponible sur: [https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2013-](https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2013-11/guide_methodologique_pour_le_developpement_clinique_des_dispositifs_medicaux.pdf)

11/guide\_methodologique\_pour\_le\_developpement\_clinique\_des\_dispositifs\_medicaux.pdf

72. Zhang T, Wang L, Guo M, Xu G. [Effects of virtual reality visual experience on brain functional network]. *Sheng Wu Yi Xue Gong Cheng Xue Za Zhi J Biomed Eng Shengwu Yixue Gongchengxue Zazhi*. 25 avr 2020;37(2):251-61.

73. Pelicioni PHS, Brodie MA, Latt MD, Menant JC, Menz HB, Fung VSC, et al. Head and trunk stability during gait before and after levodopa intake in Parkinson's disease subtypes. *Exp Gerontol*. 1 oct 2018;111:78-85.

74. AMSTAR 2 : un outil d'évaluation des revues systématiques d'études randomisées et d'études d'observation (non randomisées) [Internet]. [cité 9 avr 2021]. Disponible sur: <https://www.nccmt.ca/fr/referentiels-de-connaissances/interrogez-le-registre/307>

75. Qutubuddin AA, Pegg PO, Cifu DX, Brown R, McNamee S, Carne W. Validating the Berg Balance Scale for patients with Parkinson's disease: a key to rehabilitation evaluation. *Arch Phys Med Rehabil*. avr 2005;86(4):789-92.

76.

referentiel\_concernant\_levaluation\_du\_risque\_de\_chutes\_chez\_le\_sujet\_age\_autonome\_et\_sa\_prevention.pdf [Internet]. [cité 10 nov 2020]. Disponible sur: [https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2013-](https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2013-04/referentiel_concernant_levaluation_du_risque_de_chutes_chez_le_sujet_age_autonome_et_sa_prevention.pdf)

04/referentiel\_concernant\_levaluation\_du\_risque\_de\_chutes\_chez\_le\_sujet\_age\_autonome\_et\_sa\_prevention.pdf

77. CNFS. Test du lever de chaise (FTSST) [Internet]. [cité 10 nov 2020]. Disponible sur: <https://cnfs.ca/agees/tests/mesurer-la-capacite-physique/test-du-lever-de-chaise-ftsst>

78. de Coene C. Intérêt du test de marche `` Functional Gait Assessment '' dans la prévention du risque de chute chez la personne âgée. :65.

79. Mourey F, Manckoundia P, Pfitzenmeyer P. La peur de tomber et ses conséquences: Mise au point. *Cah Année Gériatologique*. 1 juin 2009;1:102-8.

## **9 ANNEXES**

### **ANNEXE I :**

Schéma de l'organisation fonctionnelle du circuit moteur des noyaux gris centraux dans la situation normale et la MP (Defebvre, 2006)

### **ANNEXE II :**

Schéma de deux représentations complémentaires du cycle de marche : A) D'après Whittle (Whittle 2002) et B) D'après Veil (Veil 2000)

### **ANNEXE III :**

Les échelles non spécifiques d'évaluation de la MPi

### **ANNEXE IV :**

Les échelles non spécifiques d'évaluation de la MPi

### **ANNEXE V :**

Système Nirvana BTS Bioengineering

### **ANNEXE VI :**

Graphique sur les résultats des outils de mesure de l'équilibre

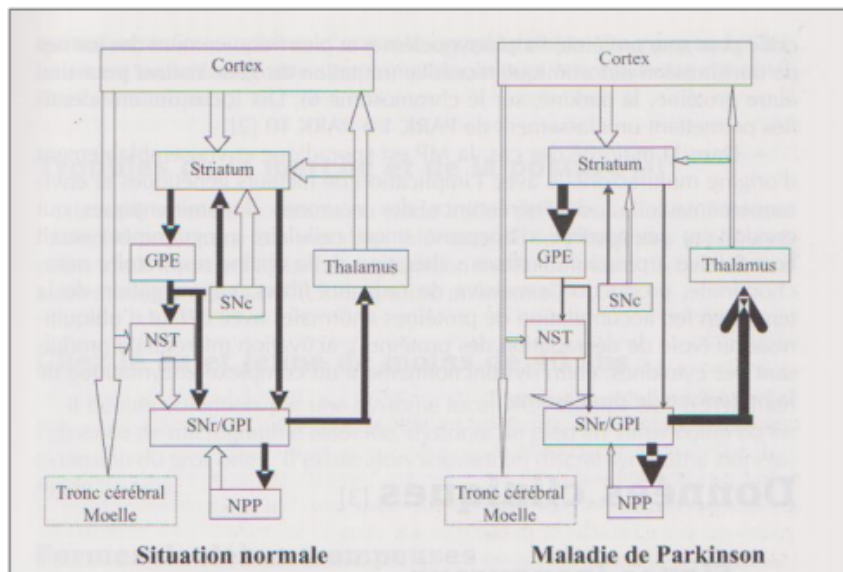
### **ANNEXE VII :**

Graphique sur les résultats des outils de mesure de la marche

### **ANNEXE VIII :**

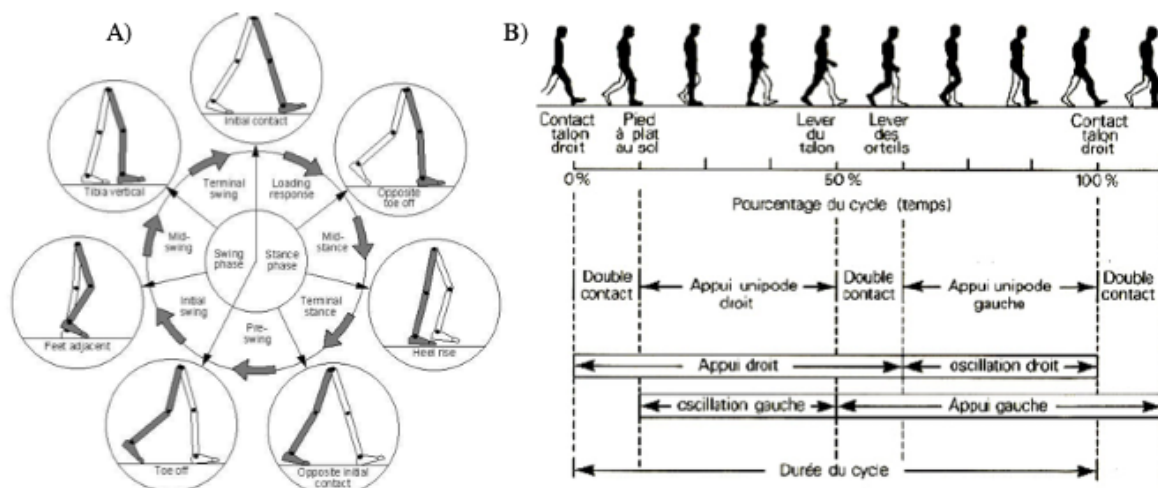
Graphique sur les résultats des outils de mesure de la marche

## **ANNEXE I : Schéma de l'organisation fonctionnelle du circuit moteur des noyaux gris centraux dans la situation normale et la MP (Defebvre, 2006)**



GPE : globus pallidus externe, GPI : globus pallidus interne, NS : noyau subthalamique, SNc : substance noire pars compacta, SNr : substance noire pars reticula, NPP : noyau pédonculo-pontin. En blanc : liaison excitatrice. En noir : liaison inhibitrice

## **ANNEXE II : Schéma de deux représentations complémentaires du cycle de marche : A) D'après Whittle (Whittle 2002) et B) D'après Veil (Veil 2000)**



## ANNEXE III : Les échelles spécifique à la MPI

### Échelle de l'UPDRS :

D = droit ; G = gauche

FORMES CLINIQUES : AH = AKINETO-HYPERTONIQUE ; M = MIXTE ; T = TREMBLANTE

NOM :		Date :		UPDRS =	
Année de naissance :		stable : Oui Non		prédominance : D – G – AH – M – T	
Début de maladie :		début de traitement :		cocher : <input type="checkbox"/> seul <input type="checkbox"/> conjoint <input type="checkbox"/> enfant <input type="checkbox"/> autre	
<b>I) Etat mental, comportemental, thymique</b> 1. affaiblissement intellectuel 0 1 2 3 4 2. troubles de la pensée 0 1 2 3 4 3. dépression 0 1 2 3 4 4. motivation-initiative 0 1 2 3 4				<b>IV) Complications du traitement</b> <b>A - DYSKINESIES</b> 32. durée 0 1 2 3 4 33. incapacité 0 1 2 3 4 34. dyskinésies douloureuses 0 1 2 3 4 35. dyskinésies matinales précoces oui = 1 non = 2	
<b>II) activités dans la vie quotidienne</b> 5. parole 0 1 2 3 4 6. salivation 0 1 2 3 4 7. déglutition 0 1 2 3 4 8. écriture 0 1 2 3 4 9. s'alimenter 0 1 2 3 4 10. habillage 0 1 2 3 4 11. hygiène 0 1 2 3 4 12. se retourner dans le lit 0 1 2 3 4 13. chutes non liées au piétinement 0 1 2 3 4 14. piétinement 0 1 2 3 4 15. marche 0 1 2 3 4 16. tremblement 0 1 2 3 4 17. douleurs 0 1 2 3 4				<b>B – FLUCTUATIONS CLINIQUES</b> 36. périodes off prédictives oui = 1 non = 2 37. périodes off non prédictives oui = 1 non = 2 38. périodes off brutales oui = 1 non = 2 39. proportion de off 0 1 2 3 4 <b>C – AUTRES COMPLICATIONS</b> 40. anorexie, nausées, vomissements oui = 1 non = 2 41. insomnies, somnolence oui = 1 non = 2 42. hypotension orthostatique oui = 1 non = 2 <b>Stades de HOEHN et YAHR</b> Stades : 0 – 1 – 1,5 – 2 – 2,5 – 3 – 4 – 5	
<b>III) examen moteur</b> 18. parole 0 1 2 3 4 19. expression faciale 0 1 2 3 4 20. tremblement de repos 0 1 2 3 4 21. tremblement d'action 0 1 2 3 4 22. rigidité 0 1 2 3 4 23. tapotement des doigts 0 1 2 3 4 24. mouvements des mains 0 1 2 3 4 25. mouvements alternatifs 0 1 2 3 4 26. agilité de la jambe 0 1 2 3 4 27. se lever d'une chaise 0 1 2 3 4 28. posture 0 1 2 3 4 29. stabilité posturale 0 1 2 3 4 30. démarche 0 1 2 3 4 31. bradykinésie 0 1 2 3 4				<b>AVQ – SCHWAB et ENGLAND</b> 100% - totalement indépendant 90% - indépendant mais plus lent 80% - indépendant conscient de sa lenteur 70% - pas tout à fait indépendant (3 à 4 fois + lent) 60% - partiellement dépendant 50% - aidé dans 50% des activités 40% - très dépendant 30% - peu d'activités effectuées seul 20% - ne fait rien seul – aidé légèrement 10% - alité – totalement dépendant 0% : alité – troubles végétatifs	

Échelle de Hoehn & Yahr :

## Hoehn et Yahr

Stade	Manifestations cliniques
Stade 0	Aucun signe de la maladie
Stade 1	Signes unilatéraux n'entraînant pas de handicap dans la vie quotidienne
Stade 1,5	Atteinte unilatérale et atteinte axiale
Stade 2	Signes à prédominance unilatérale entraînant un certain handicap
Stade 2,5	Atteinte bilatérale légère à modérée ; une certaine instabilité posturale
Stade 3	Atteinte bilatérale avec une instabilité posturale ; malade autonome
Stade 4	Handicap sévère mais possibilité de marche ; perte partielle de l'autonomie
Stade 5	Malade en chaise roulante ou alité ; n'est plus autonome.

Échelle de schwab and england :

### Échelle d'activité de la vie quotidienne de Schwab et England

- 100 % : totalement indépendant. Est capable d'effectuer toutes les activités sans lenteur, difficulté ou gêne. Tout à fait normal, n'ayant conscience d'aucune difficulté.
- 90 % : complètement indépendant. Est capable d'effectuer toutes les activités avec un certain degré de lenteur, de difficulté, de gêne. Peut mettre deux fois plus de temps. Commence à avoir conscience de ses difficultés.
- 80 % : complètement indépendant dans la plupart des activités. Met deux fois plus de temps. Conscient de ses difficultés et de sa lenteur.
- 70 % : pas complètement indépendant. Beaucoup de difficultés pour certaines activités. Trois ou quatre fois plus lent dans certaines d'entre elles. Peut passer une grande partie de la journée pour les activités de base.
- 60 % : partiellement dépendant. Peut effectuer un certain nombre d'activités, mais très lentement et avec beaucoup d'efforts, fait des erreurs : certaines activités sont impossibles.
- 50 % : est plus dépendant. Doit être aidé dans la moitié des activités, plus lent. Difficultés pour chaque chose.
- 40 % : très dépendant. Peut effectuer toutes les activités avec aide, mais peu d'entre elles seul.
- 30 % : effectue seul peu d'activités, avec effort, mais ne fait que les commencer seul. Plus d'aide est nécessaire.
- 20 % : ne fait rien seul. Peut légèrement aider pour certaines activités. Invalidités sévères.
- 10 % : totalement dépendant, ne peut aider en rien, complètement invalide.
- 0 % : certaines fonctions végétatives telles que la déglutition, les fonctions urinaires et les fonctions intestinales sont altérées. Alité.

## Annexe IV : Les échelles non spécifiques d'évaluation de la MPI

### **Le BBS :**

Cette échelle a été conçue pour mesurer l'équilibre dynamique et statique ( lors de tâches comme le changement de position assis à debout..) afin de pouvoir évaluer le risque de chute. Ses fiabilités intra- et inter-observateurs sont adéquates à excellentes, sa validité est modérée à bonne.

Elle comporte 14 épreuves qui évaluent chacun une fonction et chaque item est coté de 0 (mauvais) à 4 (bon) avec un score total de 56. Le score global obtenu par le patient permet de déterminer le risque de chute ainsi que la nécessité d'utiliser une aide à la marche :

56 : Aucun risque de chute; la personne a un équilibre fonctionnel

41 à 56 : Faible risque de chute; la personne marche de façon indépendante

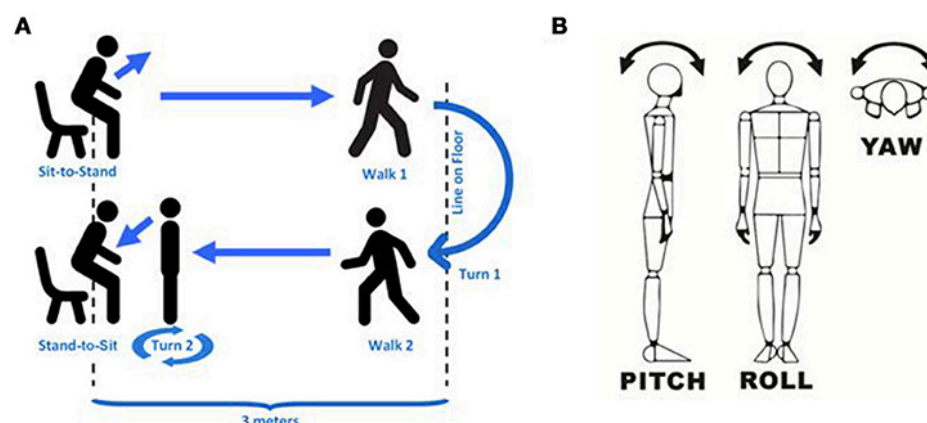
21 à 40 : Risque de chute moyen; la personne nécessite une aide à la marche

0 à 20 : Risque de chute élevé; la personne nécessite un fauteuil roulant

(30)(75)

### **Le TUG :**

Ce test consiste à chronométrer le temps que le sujet effectue pour se lever d'une chaise, faire trois mètres et se tourner pour revenir s'asseoir. Cette échelle représente un outil de mesure fiable et valide pour l'évaluation fonctionnelle des patients atteints de MPI . Le TUG existe également en double tâche (le TUG cognitif ou TUG moteur)  
Ce test est normal si le temps est inférieur à 14 seconde (76)(30)





## Le FTSTS :

Ce test consiste à effectuer 5 assis-debout, il se réalise avec une chaise placée contre un mur pour la stabiliser et nécessite donc très peu de place. Il est conçu pour évaluer la force des membres inférieurs. Sa validité est bonne et sa fiabilité inter-observateur est excellente tandis que sa fiabilité intra-observateur est modérée (30)

Lors de ce test, il sera effectué deux à trois séries de cinq répétitions avec un repos de deux minutes entre chacune. La moyenne des deux ou trois essais est ensuite compilée. Les normes de ce test sont les suivantes :

	Performance normale (sec.)	Temps moyen (sec.)	Temps minimal et maximal (sec.)
60 et 69 ans :	11,4	8,1	4,0 – 15,1
70 à 79 ans :	12,6	10,0	4,5 – 15,5
80 à 89 ans :	14,8	10,6	7,8 – 16,0

(77)

## Le FGA :

Ce test évalue la stabilité posturale aux cours de diverses tâches de marche sur 6 mètres. Il est basé sur le Dynamic Gait index (DGI). Il possède un score total de 30 points. Sa validité et sa fiabilité inter et intra observateur sont bonnes (30)

Lors de ce test, 10 items seront évalués : la marche sur un terrain plat, la capacité à changer de vitesse de marche, la capacité à effectuer une double tâche motrice (c'est à dire de maintenir une qualité de marche en effectuant des mouvements de rotation de tête à droit puis à gauche puis de haut en bas), la qualité des demi-tours, la capacité à franchir un obstacle, à marcher les yeux fermés, à marcher à reculons et à monter et descendre les escaliers.

L'obtention d'un score inférieur à 22 indique un risque de chute.(78)

### **L'échelle M-PAS :**

Elle se caractérise par l'évaluation des limitations des activités de la vie quotidienne. Elle est composée de 14 items dont 2 sont pour les transferts assis, 6 pour la mobilité au lit et 6 autres pour l'akinésie à la marche. Chaque item est coté de 0 (mauvais) à 4 (bon) pour un score total de 56. Cette échelle présente une fiabilité intra et inter observateur excellente. (30)

### **L'échelle ABC :**

Elle représente un questionnaire qui permet d'évaluer le degré de confiance de la personne en son équilibre associé à des gestes de la vie quotidienne. Ces derniers sont réalisés à la fois dans au domicile mais aussi en dehors du domicile. Elle comporte 16 items cotés de 0% (équilibre sans confiance, risque de chute) à 100% (équilibre avec de la confiance, pas de risque de chute). Elle présente une fiabilité intra observateur excellente. (30)

**Tableau 4** Échelle Activities-specific Balance Confidence (ABC)  
[29]

- 
1. Marcher autour de la maison
  2. Monter et descendre les escaliers
  3. Ramasser un objet à terre
  4. Saisir un objet situé à hauteur des yeux
  5. Se hisser sur la pointe des pieds
  6. Se lever d'une chaise
  7. Balayer le sol
  8. Rejoindre sa voiture garée à proximité
  9. Rentrer et sortir d'une voiture
  10. Traverser un parking
  11. Passer au-dessus et au-dessous d'une rampe
  12. Marcher dans un endroit où il y a beaucoup de monde
  13. Marcher dans une foule au coude à coude
  14. Prendre un escalier roulant en s'aidant de la rampe
  15. Prendre un escalier roulant sans s'aider de la rampe
  16. Marcher sur un trottoir verglacé
- 

Les items sont cotés de 0 (sensation d'insécurité majeure) à 100 % (confiance complète dans ses aptitudes).

## La FES-I :

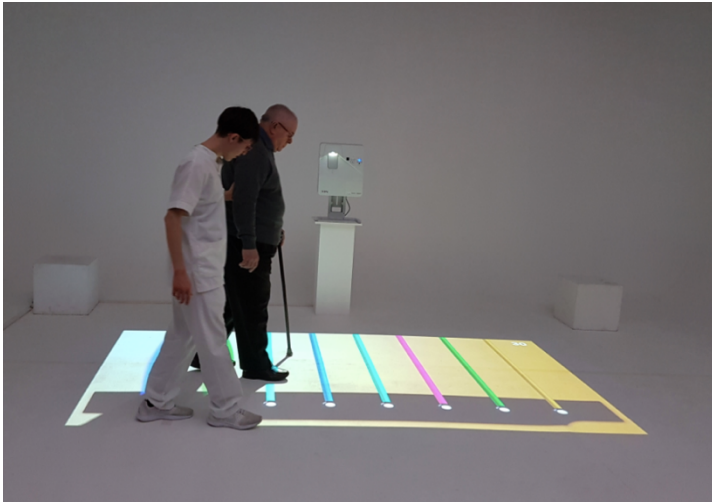
C'est un questionnaire qui met en évidence la peur de tomber à travers 16 items. Ces items représentent des activités de la vie quotidienne et sont cotés de 0 (pas du tout inquiet) à 4 (très inquiet). (30)(79)

### FES-I

Nous aimerions vous poser quelques questions qui ont pour but de déterminer si vous ressentez de l'inquiétude face à la possibilité de tomber. Répondez en pensant à la manière dont vous effectuez habituellement cette activité. Si actuellement vous ne faites pas cette activité (par exemple si quelqu'un fait les courses à votre place), répondez à la question en imaginant votre degré d'inquiétude SI vous réalisiez en réalité cette activité. Pour chacune des activités suivantes, mettez une croix dans la case qui correspond le plus à votre opinion et qui montre le degré d'inquiétude que vous ressentez face au fait de pouvoir tomber lors de la réalisation de cette activité.					
		<i>Pas du tout inquiet</i> 1	<i>Un peu Inquiet</i> 2	<i>Assez Inquiet</i> 3	<i>Très Inquiet</i> 4
1	Faire votre ménage (par ex : balayer, passer l'aspirateur, ou la poussière)	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>
2	Vous habiller et vous déshabiller	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>
3	Préparer des repas simples	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>
4	Prendre une douche ou un bain	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>
5	Aller faire des courses	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>
6	Vous lever d'une chaise ou vous asseoir	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>
7	Monter ou descendre des escaliers	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>
8	Vous promener dehors dans le quartier	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>
9	Atteindre quelque chose au-dessus de votre tête ou par terre	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>
10	Aller répondre au téléphone avant qu'il s'arrête de sonner	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>
11	Marcher sur une surface glissante (par ex : mouillée ou verglacée)	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>
12	Rendre visite à un ami, ou à une connaissance	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>
13	Marcher dans un endroit où il y a beaucoup de monde	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>
14	Marcher sur un sol inégal (route caillouteuse, un trottoir non entretenu)	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>
15	Descendre ou monter une pente	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>
16	Sortir (par ex : service religieux, réunion de famille, rencontre d'une association)	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>

FES-I Swiss French translated by Prof Chantal Piot-Ziegler

## Annexe V : Système Nirvana BTS Bioengineering



### **Configuration minimum :**

Pièce : minimum 5 m x 4 m; hauteur 3 m

Taille espace de projection sol ou mur (idéal) : 3,2 m x 2 m

### **Configuration minimum projecteur (si pack 1 ou 3) :**

Lumière > 3200

Résolution 1920 x 1080 Full HD

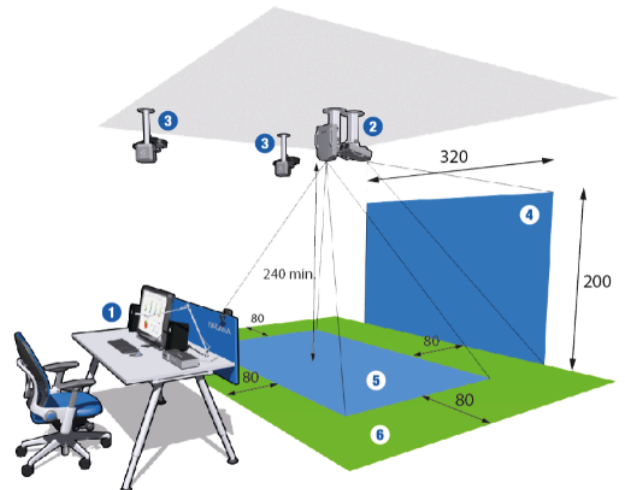
Branchement HDMI

### **Configuration minimum PC (si pack 1 ou 3) :**

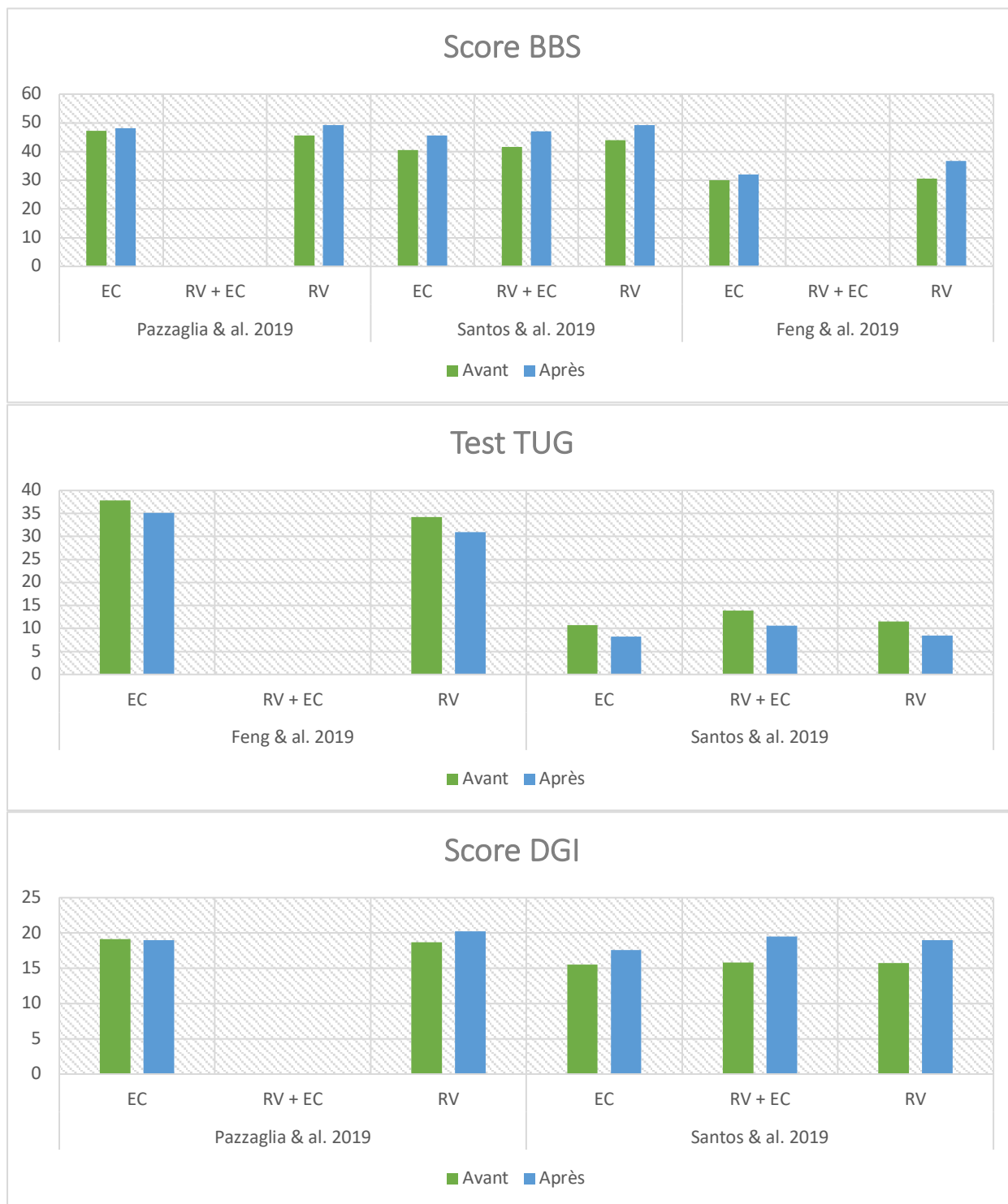
Ordinateur fixe ou portable

Configuration 1920 x 1080 conseillée

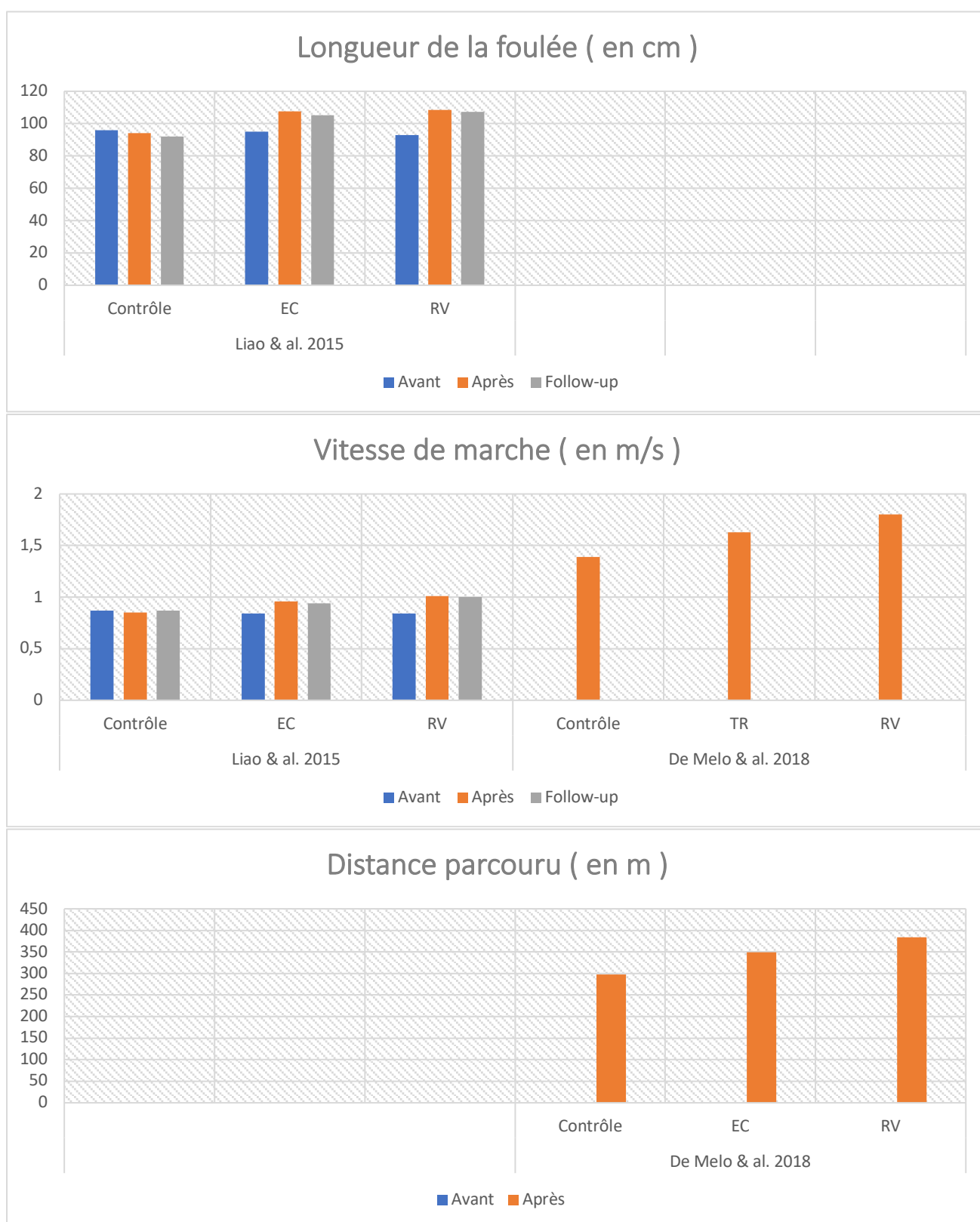
Wifi

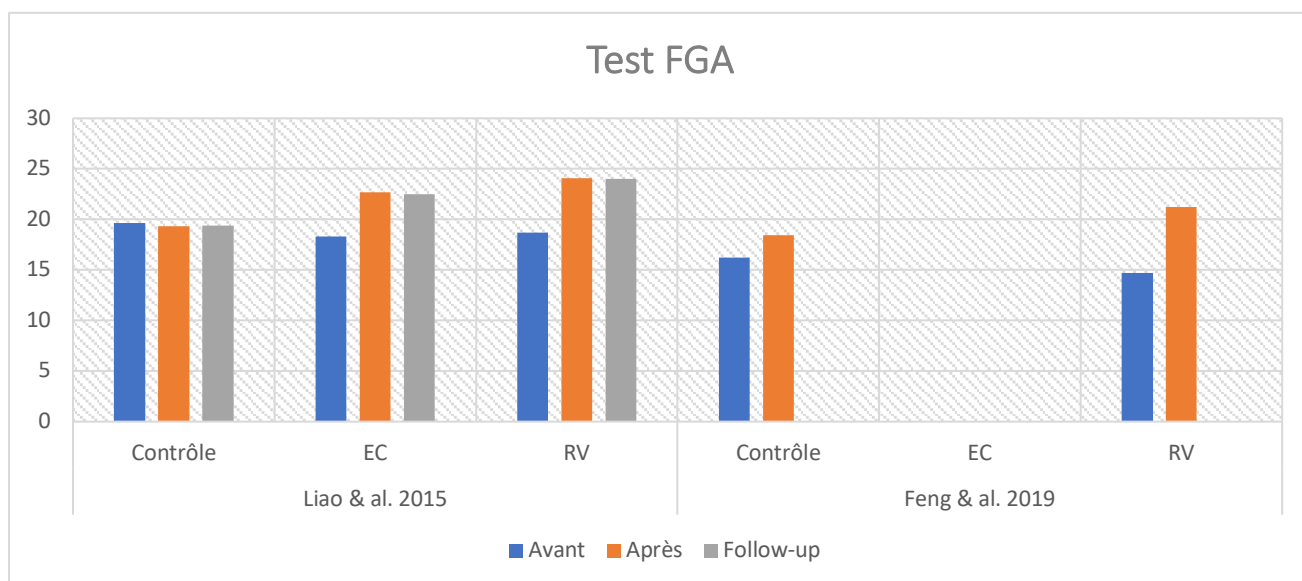


## Annexe VI : Graphique sur les résultats des outils de mesure de l'équilibre

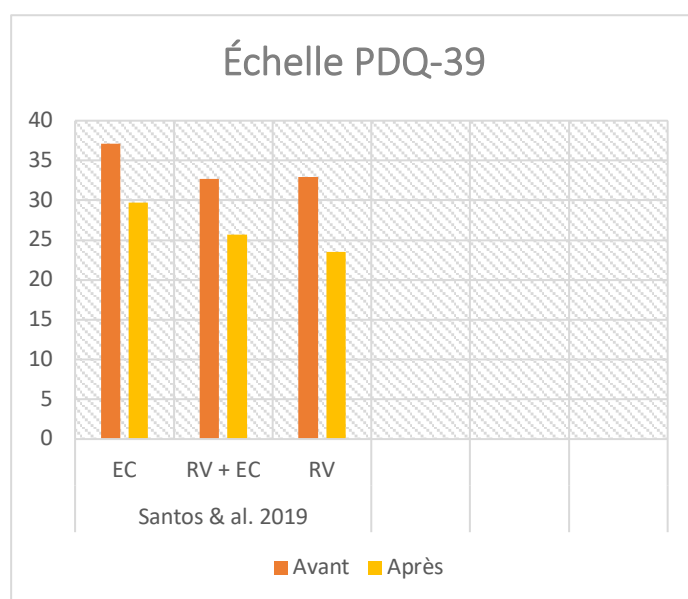
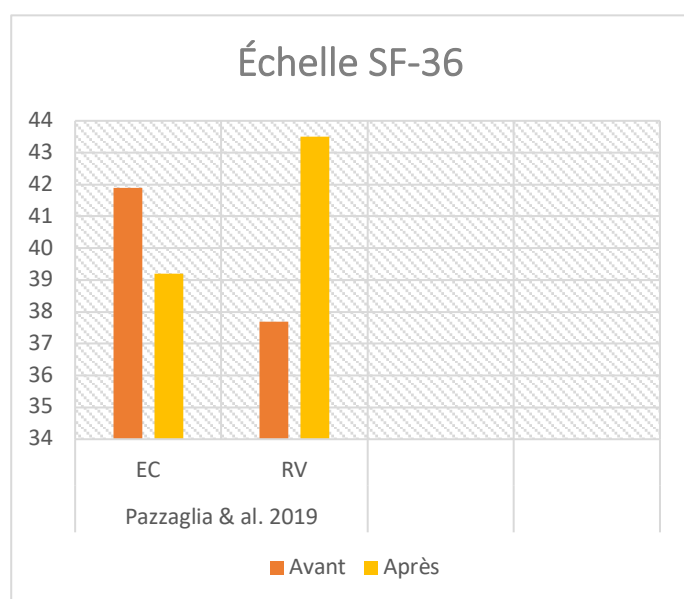


## Annexe VII : Graphique sur les résultats des outils de mesure de la marche





## **Annexe VIII : Graphique sur les résultats des outils de mesure de la marche**



## RÉSUMÉ

**Introduction :** Ces dernières décennies, la maladie de Parkinson s'est imposée comme la deuxième cause de maladie neurodégénérative après celle d'Alzheimer. De nouveaux axes de traitement ont vu le jour avec l'essor des nouvelles technologies.

À travers cette revue de littérature, l'objectif est donc de savoir si la réalité virtuelle améliore la prise en charge des troubles de l'équilibre du patient parkinsonien.

**Matériel et méthode :** La méthodologie est axée sur la recherche des mots clefs, l'établissement de critères d'éligibilités ainsi que sur modèle PICO. Cette revue s'appuie sur le modèle IMRAD.

**Résultats :** Cinq études ont été retenues à la suite du processus de sélection des articles, incluant un total de 196 patients atteints de la maladie de Parkinson.

**Discussion :** Bien que les auteurs soient d'avis différents sur le choix des stratégies de traitement incluant la réalité virtuelle, l'ensemble des études a montré l'effet bénéfique de l'utilisation de la RV dans la rééducation des troubles de l'équilibre chez les patients atteints de la maladie de Parkinson.

**Conclusion :** La réalité virtuelle s'avère être un traitement efficace dans la rééducation des troubles de l'équilibre, mais ne peut en aucun cas remplacer le traitement conventionnel.

**Mots clés :** Maladie de Parkinson, réalité virtuelle, rééducation, équilibre, marche

## ABSTRACT

**Introduction :** In recent decades, Parkinson's disease has emerged as the second leading cause of neurodegenerative disease after Alzheimer's. New axes of treatment have emerged with the rise of new technologies. Through this literature review, the objective is to find out whether virtual reality improves the management of balance disorders in patients with Parkinson's disease.

**Material and methods :** The methodology is focused on keyword research, establishing eligibility criteria as well as the PICO model. This review is based on the IMRAD model.

**Results :** Five studies were sectioned following the article selection process, including a total of 196 patients with Parkinson's disease.

**Discussion :** Although the authors are of different opinions on the choice of treatment strategies including virtual reality, all the studies have shown the beneficial effect of the use of VR in the rehabilitation of balance disorders in patients. patients with Parkinson's disease.

**Conclusion :** Virtual reality has proven to be an effective treatment in the rehabilitation of balance disorders, but can in no way replace conventional treatment.

**Key words :** Parkinson's disease, virtual reality, rehabilitation, balance, gait



