



**HAL**  
open science

# Effet de l'entraînement à la marche par assistance robotisée chez le sujet Parkinsonien

Line Helmi

► **To cite this version:**

Line Helmi. Effet de l'entraînement à la marche par assistance robotisée chez le sujet Parkinsonien. Médecine humaine et pathologie. 2020. dumas-03111150

**HAL Id: dumas-03111150**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03111150>**

Submitted on 15 Jan 2021

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

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

**Effet de l'entraînement à la  
marche par assistance  
robotisée chez le sujet  
Parkinsonien**

**HELMI Line**

**Directeur de mémoire : M. BALBIANI Laurent**

## Remerciements :

Avant toute chose, il m'est important de remercier les personnes qui m'ont soutenu tout au long de ma formation et lors de la rédaction de ce travail de fin d'études.

Dans un premier temps je souhaite remercier mon directeur de mémoire M. Balbiani Laurent, Masseur-Kinésithérapeute à l'Institut Universitaire de Réadaptation Valmante Sud à Marseille, qui a su m'accompagner, me conseiller et s'impliquer dans la réalisation de ce mémoire, malgré le contexte imprévisible et complexe de cette fin d'année scolaire.

Je tiens également à remercier mes amis du groupe 4, en particulier Roxane, Julia, Ilona, Bérangère, Nancy et Laura, avec qui j'ai partagé mes quatre années de formation et qui ont su rendre ces années inoubliables.

Je souhaite adresser mes remerciements à mes parents, qui n'ont cessé de me soutenir et de m'encourager depuis la Première Année Commune aux Etudes de Santé et sans qui cette formation n'aurait pas été possible.

Je tiens particulièrement à remercier mon ami Arnaud, externe en médecine à La Timone, avec qui j'ai partagé de ma Première Année Commune aux Etudes de Santé, qui m'a soutenue, supportée et qui a ainsi contribué au succès de mes études.

Merci à mon ami Djeidi, qui a participé à la relecture de mon mémoire.

Et j'en oublie tant d'autres...

## Table des matières

<b>1. Introduction .....</b>	<b>1</b>
1.1 La maladie de Parkinson Idiopathique .....	1
1.1.1 Définition [1][2][3] .....	1
1.1.2 Etiologie et épidémiologie [2] .....	1
1.1.3 Physiopathologie [8].....	2
1.1.4 Les signes cliniques [1][6][10] .....	3
1.1.4.1 <i>Symptômes moteurs</i> .....	3
1.1.4.2 <i>Symptômes non moteurs</i> .....	5
1.1.5 L'évolution de la maladie [6][8] .....	5
1.1.6 Les traitements.....	7
1.1.6.1 <i>Médicamenteux</i> [3][8].....	7
1.1.6.2 <i>Chirurgicaux</i> [1][3][8].....	8
1.2 Rééducation en Masso-Kinésithérapie .....	9
1.2.1 Kinésithérapie.....	9
1.2.2 Pluridisciplinarité [1] .....	10
1.2.3 Education thérapeutique [1] .....	11
1.3 Evaluation clinique de la marche chez le sujet parkinsonien [14].....	11
1.3.1 Le test de marche de 6 minutes (TM6) .....	11
1.3.2 Le test des 10 mètres de marche (TM10) .....	12
1.3.3 Le timed up and go test (TUG) .....	12
1.3.4 Evaluation instrumentale de la marche .....	12
1.4 RAGT (robot-assisted gait training).....	12
1.4.1 Différents outils.....	13
1.4.2 Apports théoriques de la RAGT.....	15
1.5 Pertinence de la revue .....	15
<b>2. Méthode.....</b>	<b>16</b>
2.1 Critères d'éligibilité des études de cette revue .....	16
2.1.1 Types d'études .....	16
2.1.2 Type de population .....	17
2.1.3 Type d'intervention et comparateur.....	17
2.1.4 Comparateurs.....	17
2.1.5 Critères de jugement.....	17
2.2 Stratégie et méthodologie de recherche des études.....	18
2.2.1 Sources documentaires investiguées.....	18

2.2.2	Equations de recherches utilisées.....	19
2.3	Méthode d'extraction et d'analyse des données .....	20
2.3.1	Sélection des articles.....	20
2.3.2	Evaluation de la qualité méthodologique des études .....	21
2.3.3	Extraction des données .....	21
2.3.4	Méthode de synthèse des résultats.....	22
<b>3.</b>	<b>Résultats.....</b>	<b>23</b>
3.1	Description des études.....	23
3.1.1	Diagramme de flux .....	23
3.1.2	Etudes exclues.....	24
3.1.3	Etudes incluses .....	25
3.1.3.1	<i>Participants</i> .....	28
3.1.3.2	<i>Interventions</i> .....	28
3.1.3.3	<i>Les critères de jugement</i> .....	29
3.2	Risque de biais des études incluses .....	29
3.2.1	Grille d'analyse utilisée .....	29
3.2.2	Synthèse des biais retrouvés.....	30
3.3	Effet de l'intervention .....	31
3.3.1	Critère de jugement principal : la marche .....	32
3.3.1.1	<i>RAGT vs rééducation de la marche par exercices PNF non intensifs</i> .....	32
3.3.1.2	<i>RAGT vs entraînement à la marche sur tapis-roulant</i> .....	33
3.3.2	Critères de jugement secondaires.....	37
<b>4.</b>	<b>Discussion.....</b>	<b>38</b>
4.1	Analyse des principaux résultats.....	38
4.1.1	Résultats relatifs aux critères de jugements principaux .....	39
4.1.2	Résultats relatifs aux critères de jugements secondaires.....	43
4.2	Applicabilité des résultats en pratique clinique.....	45
4.3	Qualité des preuves [72] .....	47
4.4	Biais potentiels de la revue .....	48
<b>5.</b>	<b>Conclusion .....</b>	<b>49</b>
5.1	Implication pour la pertinence clinique .....	49
5.2	Implication pour la recherche .....	50
	<b>Bibliographie.....</b>	<b>51</b>
	<b>Annexes .....</b>	

## 1. Introduction

### 1.1 La maladie de Parkinson Idiopathique

#### 1.1.1 Définition [1][2][3]

La Maladie de Parkinson Idiopathique (MPI), également appelée syndrome parkinsonien idiopathique ou syndrome parkinsonien primaire, est une maladie chronique complexe décrite pour la première fois par Parkinson James en 1817. Il s'agit d'une pathologie neurodégénérative d'évolution lente qui a des répercussions sociales et professionnelles conséquentes, en diminuant fortement la qualité de vie des patients atteints. Elle constitue une cause majeure de dépendance et d'hospitalisation/ institutionnalisation.

La MPI est une affection du système nerveux central qui détruit les neurones dopaminergiques de la substance noire du mésencéphale, atteignant ainsi les voies extrapyramidales qui sont les voies de la motricité automatique. La MPI est à différencier des autres syndromes parkinsoniens qui se manifestent par les symptômes de la MPI associés à d'autres symptômes spécifiques, mais dont l'origine diffère :

- Les syndromes parkinsoniens atypiques : atrophie multisystématisée, paralysie supranucléaire progressive, dégénérescence corticobasale, maladie à corps de lewy.
- Les syndromes parkinsoniens symptomatiques (secondaires) dont la cause peut être médicamenteuse (neuroleptiques), infectieuse, toxique, traumatique, tumorale, vasculaire, métabolique...

La MPI est la maladie la plus fréquente, représentant 75% de l'ensemble des cas de syndrome parkinsonien dégénératif [3].

#### 1.1.2 Etiologie et épidémiologie [2]

L'étiologie de cette pathologie est encore inconnue même s'il a été émis l'hypothèse que l'apparition de la maladie est due à la combinaison de facteurs environnementaux couplée à une vulnérabilité génétique due à la mutation de certains gènes. Il existe donc l'hypothèse de plusieurs facteurs de risque, tels que :

- Certains facteurs environnementaux : l'exposition à certaines toxines dans le cadre professionnel et agricole (métaux lourds, pesticides, herbicides) serait associée à un risque augmenté de la MPI [4][5].
- Certains facteurs génétiques : il existe différentes mutations génétiques avec transmission autosomique (dominante ou récessive). Les antécédents familiaux doivent être pris en compte puisque le risque d'être atteint de la MPI est 6,7 fois supérieur pour les frères/sœurs et 3,2 plus élevé pour les enfants de patients parkinsoniens. Un début de maladie avant l'âge de 40 ans indique généralement une origine génétique [3].
- Certains facteurs métaboliques : des troubles de la fonction mitochondriale, augmentation du stress oxydatif et des défauts des mécanismes d'élimination des toxines pourraient être impliqués dans l'apparition de la MPI.

Actuellement, la MPI est la 2<sup>ème</sup> pathologie neurodégénérative après la maladie d'Alzheimer, avec 160 000 personnes touchées et environ 25 000 nouveau cas par an en France. C'est aussi la 2<sup>ème</sup> cause de handicap moteur d'origine neurologique après les AVC, chez la personne âgée [1].

L'âge est le facteur de risque principal avec environ 1% des plus de 65 ans concernés par cette pathologie, qui atteint rarement les personnes de moins de 45 ans [6]. L'âge moyen des personnes atteintes de la MPI au début du traitement est de 75 ans. Cette pathologie touche 1,5 fois plus les hommes que les femmes.

À la suite du vieillissement de la population et de l'allongement de la durée de la maladie, il est estimé une augmentation de 56% du nombre de malades atteints de la MPI d'ici 2030 par rapport à 2015 [7].

### 1.1.3 Physiopathologie [8]

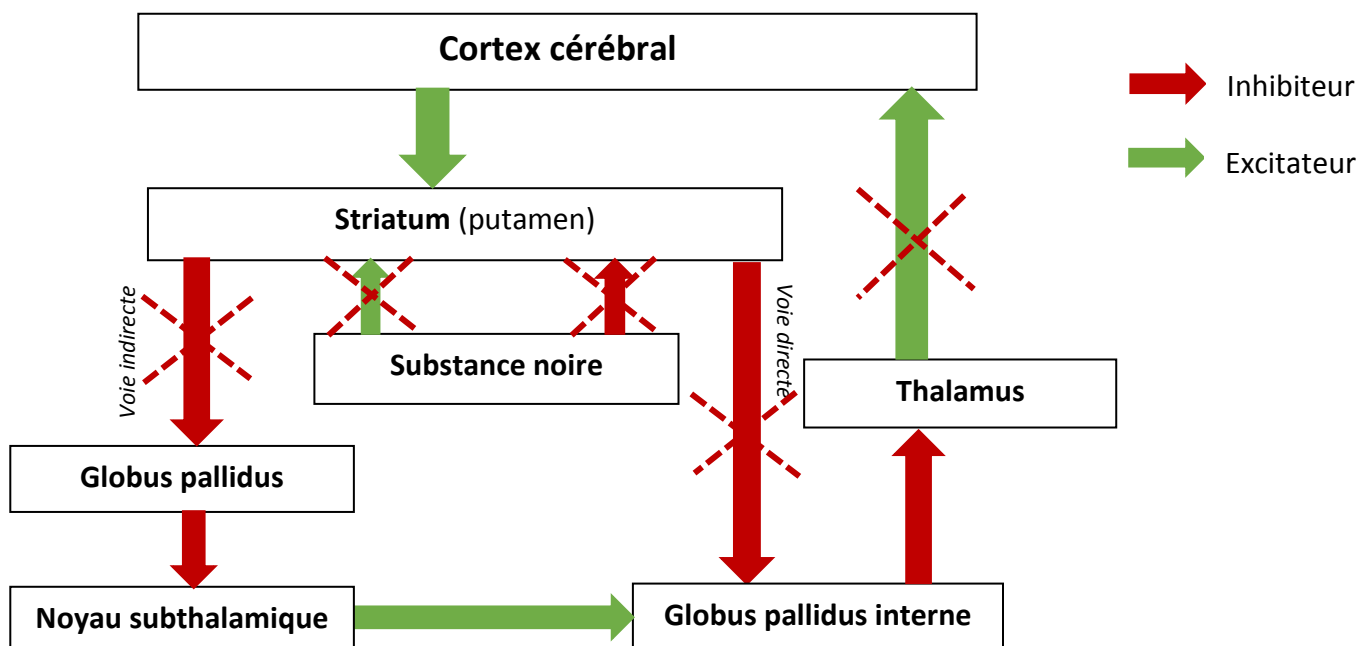
La MPI est due à la dégénérescence sélective des neurones dopaminergiques de la substance noire, également appelée locus niger, du mésencéphale qui est la partie supérieure du tronc cérébral. De récentes études ont démontré qu'un dépôt anormal d'agrégats protéiques intracellulaire d' $\alpha$ -synucléine, appelés corps de Lewy, est responsable de l'apoptose de ces neurones dopaminergiques [9].

Les neurones dopaminergiques du locus niger se projettent sur le striatum qui leur sert de porte d'entrée dans les ganglions de la base, composés par le claustrum, le putamen, le thalamus, le noyau caudé, le noyau subthalamique, le globus pallidus externe et le globus pallidus interne (qui sert de voie de sortie des ganglions de la base). Ces ganglions de la base impactent toutes les structures du cerveau notamment le cortex, d'où la complexité de la pathologie.

Dans la MPI, les boucles sous-corticales créant des réseaux entre les ganglions de la base sont impactées. En effet, la diminution de dopamine dans la substance noire implique une baisse de dopamine au niveau du striatum, diminuant ainsi son action. Ce dysfonctionnement du striatum entraîne :

- L'atteinte de la voie directe, avec le globus pallidus interne qui va inhiber le thalamus.
- L'atteinte de la voie indirecte, avec la levée du frein du globus pallidus externe sur le noyau subthalamique augmentant alors son action excitatrice sur le globus pallidus interne qui va d'avantage inhiber le thalamus.

Schéma 1 : dysfonctionnement de la boucle sous-corticale dans la MPI.



Ces atteintes entraînent donc suractivation du globus pallidus interne et une inhibition excessive du thalamus, lui empêchant d'exercer son action excitatrice sur le cortex cérébral. Cela entraîne ainsi les troubles moteurs de la MPI, dont la perte du système de contrôle automatique assuré par les ganglions de la base.

Ainsi la MPI touche le système dopaminergique, impliqué dans :

- La motricité automatique (via la voie nigrostriatale).
- Les réactions comportementales et émotionnelles (via la voie méso-cortico-limbique).
- La fonction neuroendocrinienne (via la voie tubéro-infundiculaire).

Ce système est à l'origine des symptômes principaux de la MPI, répondant à la dopa-thérapie. Elle touche également les systèmes non dopaminergiques : cholinergique, noradrénergique et sérotoninergique, qui sont responsables des symptômes dopa-résistants et de la variabilité des symptômes entre chaque individu.

En résumé, la MPI entraîne une atteinte du système extrapyramidal qui est responsable de la motricité involontaire et automatique. Le sujet parkinsonien va alors perdre les automatismes inconscients permettant certains mouvements, la posture, la régulation du tonus et l'équilibre. Un des moyens pour pallier cette perte du système de contrôle automatique sera de compenser avec le système de contrôle volontaire [1].

#### 1.1.4 Les signes cliniques [1][6][10]

Du fait des multiples systèmes atteints dans la MPI, il y a une hétérogénéité des formes cliniques de la MPI avec presque autant de formes de la maladie que de patients.

Les premiers symptômes apparaissent lorsque la moitié des neurones dopaminergiques sont détruits, correspondant à une perte de 80% de la dopamine au niveau du striatum [6].

##### 1.1.4.1 Symptômes moteurs

L'apparition des troubles moteurs est progressive et toujours asymétrique avec une latéralisation du côté prédominant. En effet, ces symptômes moteurs apparaissent de manière unilatérale puis deviennent bilatéraux mais toujours avec un côté prédominant.

Les principaux signes cliniques moteurs constituent la triade parkinsonienne comprenant le tremblement de repos, l'akinésie et l'hypertonie plastique. Cette triade clinique peut être incomplète, un symptôme moteur pouvant être absent. De plus, ces symptômes peuvent ne pas être présents simultanément et être d'intensité variable.

#### ➤ **Le tremblement de repos :**

A début unilatéral et asymétrique, il est de faible amplitude avec une fréquence de 4 à 7 Hz [10]. Il se manifeste principalement à l'extrémité des membres, notamment avec des mouvements « d'émiettement » au niveau des mains. Ces tremblements sont intentionnels et sont sensibles au stress, aux émotions, à la fatigue, lors d'une tâche cognitive ou d'une contrainte d'équilibre. A l'inverse, ces tremblements disparaissent pendant le sommeil ou lors d'un mouvement volontaire.

Au début de la maladie, environ 30% des personnes atteintes de la MPI ne présentent pas de tremblement [1][10].



➤ **L'akinésie :**

L'akinésie correspond à une difficulté à l'initiation d'un mouvement voire à une absence de l'exécution d'un geste. Elle est liée à la bradykinésie<sup>1</sup> et à l'hypokinésie<sup>2</sup>. Ce symptôme se manifeste dans :

- Les mouvements : absence, retard, mauvaise initiation, lenteur et faible amplitude du mouvement.
- L'expression faciale : amimie (perte de la mimique faciale), perte de l'expression faciale, attitude figée, réduction du clignement des yeux.
- L'équilibre : absence, retard ou inefficacité de la réponse au déséquilibre (cette réponse peut être désadaptée lorsque le sujet présente des troubles cognitifs liés à la pathologie), détérioration des ajustements posturaux anticipés, détérioration de la position et du mouvement du centre de gravité.
- La marche : trouble de l'initiation de la marche, lente et à petit pas, perte de la dissociation des ceintures et du ballant des bras.
- L'écriture : micrographie précoce, écriture « en pattes de mouche », petite, étroite et plate.
- La sphère oro-pharyngo-laryngée : trouble de la déglutition et dysarthrie (parole lente, monotone, à bas volume et sans articulation).
- La respiration : syndrome restrictif (mobilisation de petits volumes et perte de force des muscles respiratoires).

Les personnes atteintes de la MPI vont avoir des difficultés pour l'exécution de mouvements fins tels que le boutonnage d'un vêtement, l'ouverture d'un bocal...

L'akinésie a une répercussion importante sur la marche avec des phénomènes de blocage (à l'initiation de la marche ou au cours de la marche), de freezing et de festination :

- *Le freezing* : la vitesse de marche = cadence x longueur d'enjambée. Dans la MPI, la cadence du sujet parkinsonien augmente afin de compenser la diminution de la longueur d'enjambée, lui permettant ainsi d'avoir une vitesse de marche proche de celle physiologique. Le freezing survient lors de la saturation de ce système de compensation. Ce phénomène est semblable à un piétinement sur place. Il apparaît de manière imprévisible et préférentiellement lors du passage de porte, du franchissement d'un obstacle, des demi-tours et lors de l'initiation de la marche. Le freezing est sensible au stress, à l'angoisse et à la distractibilité.
- *La festination* : il s'agit d'une stratégie de compensation due à la difficulté d'initiation de la marche par une déportation du centre de gravité vers l'avant, entraînant une augmentation de la fréquence et une diminution de l'amplitude de marche. Le patient court alors après son centre de gravité entraînant un risque de chute accru.

---

<sup>1</sup> Ralentissement du mouvement.

<sup>2</sup> Diminution de l'amplitude du mouvement.

➤ **L'hypertonie plastique :**

Il s'agit d'une rigidité par augmentation du tonus musculaire, homogène avec une résistance constante au mouvement. Elle est caractérisée d'hypertonie en tuyau de plomb avec un phénomène de roues dentées lorsqu'elle cède par saccades.

Elle est prédominante sur les muscles fléchisseurs, rotateurs médiaux, adducteurs et pronateurs conduisant ainsi à une posture préférentielle en flexion du sujet parkinsonien [11].

En effet les sujets parkinsoniens présentent un trouble de la posture [12] avec : une hypercyphose dorsale parfois accompagnée d'une scoliose, une hyperlordose cervicale compensatrice, une antépulsion et rotation médiale des épaules, les membres supérieurs et inférieurs en triple-flexion, le bassin en rétroversion et les extrémités des membres en flexion (orteils en griffes et doigts en flexion).

Ces déformations posturales sont réductibles au début de la maladie puis se rigidifient avec l'évolution de la MPI.

D'autres pathologies peuvent intervenir et dégrader la posture du patient parkinsonien dans un plan sagittal (camptocormie) ou dans un plan frontal (pisa syndrome) [12].

#### 1.1.4.2 Symptômes non moteurs

Ces symptômes sont nombreux et apparaissent au fur et à mesure que la maladie évolue. Il arrive parfois que ces symptômes apparaissent en phase prodromique de la MPI, avant même les troubles moteurs [3]. Il est important de les prendre en considération puisqu'ils peuvent s'accompagner d'une diminution significative de la qualité de vie. Ces symptômes résultent probablement d'une atteinte des systèmes non dopaminergiques.

- Troubles de la parole et de la déglutition : dysarthrie, trouble de la déglutition, hypersialorrhée<sup>3</sup>.
- Troubles végétatifs : hypotension orthostatique, constipation, trouble mictionnel, transpiration excessive, hypersécrétion sébacée.
- Troubles cognitifs et psychiques : dépression, démence, trouble de la concentration et de la mémoire.
- Troubles sensitifs : douleurs pseudo-rhumatismales, douleurs neurologiques (paresthésies, radiculalgies...).
- Troubles de la posture et de l'équilibre : risque de chute accru avec atteinte des réactions parachutes.
- Trouble du sommeil paradoxal : rêves animés accompagnés d'agitation motrice/verbale.
- Trouble de l'odorat : anosmie/hyposmie.

#### 1.1.5 L'évolution de la maladie [6][8]

L'évolution de la MPI est lente, progressive et très variable selon les patients. La durée moyenne d'évolution est de 15 ans mais peut dépasser les 20 ans avec un handicap fonctionnel limité.

Le début de cette pathologie est insidieux. En effet, pendant les premières années le cerveau compense la diminution de dopamine avec le phénomène de plasticité cérébrale, ce qui permet un fonctionnement cérébral normal. Ainsi les patients peuvent rester

---

<sup>3</sup> Salivation excessive.

asymptomatiques jusqu'à ce que plus de la moitié des neurones dopaminergiques soient détruits et que la compensation soit dépassée.

Il existerait une phase pré-symptomatique durant laquelle se manifesteraient des signes cliniques discrets prodromiques mais peu spécifiques à la MPI, tels que la constipation, le trouble de l'odorat, le sommeil paradoxal... [3]

Il est distingué trois étapes évolutives principales de l'évolution naturelle de la MPI durant lesquelles les signes cliniques, la démarche diagnostique et le contexte de prise en charge seront différents. Cette évolution de la phase symptomatique de la MPI ne peut se faire sans tenir compte de l'influence considérable du traitement dopaminergique.

Au début de la maladie il y a une période dite de « *lune de miel* », durant laquelle les signes moteurs de la triade symptomatique sont peu invalidants. Les traitements proposés permettent de contrôler suffisamment les symptômes pour avoir une autonomie compatible avec les activités professionnelles et de la vie quotidienne.

Après plusieurs années d'évolution, il y a une période durant laquelle apparaissent des *complications motrices* liées aux traitements dopaminergiques, notamment des fluctuations motrices et des dyskinésies. Les fluctuations motrices correspondent à l'alternance de phase « ON-OFF », qui peut survenir au cours d'une même journée :

- La phase « ON » ou de déblocage, durant laquelle le patient répond bien aux traitements dopaminergiques et a une bonne motricité.
- La phase « OFF » ou de blocage, survenant lorsque l'effet de la dopathérapie prend fin (environ 4 heures après la dernière prise), ce qui entraîne une perturbation motrice invalidante.

Il apparaît également des signes axiaux résistants à la dopathérapie tels que les troubles de l'équilibre, de la marche et de la posture. C'est à ce stade que les troubles cognitifs et le handicap fonctionnel peuvent se majorer. Ainsi, cette période amène généralement vers l'utilisation d'une aide partielle.

Le dernier stade correspond à la période de maladie avancée dite de « *déclin* ». Durant cette période apparaît des complications invalidantes amenant à une perte de l'autonomie. La marche et la communication deviennent difficiles voire impossibles.

L'échelle Unified Parkinson's Disease Rating Scale (UPDRS) permet d'évaluer et de suivre l'évolution de la MPI. Cela permet de suivre l'état du patient atteint de MPI et d'adapter son traitement.

Cette échelle comporte six sections [13] :

- Section I : état mental, comportemental et thymique.
- Section II : activités de la vie quotidienne.
- Section III : examen moteur.
- Section IV : complication du traitement (fluctuations motrices, dyskinésies, autres complications...).
- Section V : Stade de Hoehn & Yahr.
- Section VI : échelle d'activités de la vie quotidienne de Schwab & England.

La section V correspond à l'échelle de Hoehn & Yahr (H&Y) qui classe la MPI en cinq stades d'invalidité croissante, reflétant ainsi l'évolution de la sévérité de la maladie.

Tableau 1 : Classification de Hoehn & Yahr.

<b>Stade 1</b>	Atteinte unilatérale avec un handicap fonctionnel minime ou nul
<b>Stade 2</b>	Atteinte bilatérale (avec prédominance unilatérale) ou axiale, sans altération de l'équilibre
<b>Stade 3</b>	Atteinte bilatérale avec altération de l'équilibre, avec gêne fonctionnelle mais autonomie préservée
<b>Stade 4</b>	Handicap sévère mais capacité de marche, perte partielle de l'autonomie
<b>Stade 5</b>	Etat grabataire avec incapacité de marche sans assistance, perte totale de l'autonomie

D'après les recommandations européennes, cette échelle peut être utilisée pour classifier la progression des patients [14] :

- La phase précoce correspondant aux stades 1 et 2.
- La phase compliquée correspondant aux stades 3 et 4. Le stade 3 est considéré comme caractérisant le début de l'altération axiale et est associé à une détérioration marquée de la qualité de vie.
- La phase tardive correspondant au stade 5.

#### 1.1.6 Les traitements

A ce jour, il n'existe aucun traitement curatif de la MPI, le traitement est donc symptomatique. La prise en charge thérapeutique de la maladie est largement dominée par les traitements dopaminergiques [8].

Le but de ces traitements pour Parkinson est de permettre aux patients d'améliorer ou maintenir leur niveau maximum d'indépendance et de mobilité.

La prise en charge d'une personne atteinte de la MPI doit alors être assurée en ambulatoire le plus longtemps possible, prévue sur du long terme, globale et adaptée, pluriprofessionnelle et coordonnée [1].

##### 1.1.6.1 Médicamenteux [3][8]

Cette prise en charge symptomatique a une place majeure dans la MPI et consiste à compenser le déficit en dopamine.

La *lévodopa* est considérée comme le traitement de référence de cette pathologie, étant le plus efficace pour lutter contre les symptômes. Il s'agit de l'apport exogène du précurseur de la dopamine (L-dopa). Cette L-dopa est toujours associée à un inhibiteur de la dopa-décarboxylase afin d'empêcher sa dégradation périphérique.

Cependant l'apparition de complications motrices de la L-dopa (après 5 à 10 ans de traitement [6]) et le rôle des *agonistes dopaminergiques* de plus en plus important, remettent en cause la position dominante de la lévodopa, notamment au le début de la maladie où la gêne fonctionnelle est moindre.

En effet, au début de la maladie il est possible d'avoir une monothérapie par agonistes dopaminergiques, notamment chez les patients jeunes sans trouble cognitif. Ces agonistes agissent directement au niveau des récepteurs dopaminergiques du striatum.

L'avantage de ce traitement est sa longue durée d'action, supérieure à celle de la L-dopa. La prise de ce traitement au début de la MPI permet de retarder celle de la L-dopa, mais aussi les complications motrices qu'elle engendre. Cependant il existe des effets indésirables à ce traitement tels que les troubles du comportement, la somnolence diurne et l'apparition d'œdème des membres inférieurs [3].

Au stade avancé de la maladie, les agonistes dopaminergiques ne sont pas suffisants. L'utilisation de la lévodopa devient nécessaire.

La progression de la neurodégénérescence liée à l'évolution de la maladie diminue la durée d'action de la L-dopa, ce qui rend inévitable l'augmentation progressive de la posologie. La combinaison à des inhibiteurs COMT (entacapone, tolcapone) permet alors de prolonger la durée d'action.

La prise d'*anticholinergique* est également proposée pour agir sur les tremblements, souvent pour les sujets jeunes et sans trouble cognitif.

L'*amantine* est un agoniste des récepteurs N-méthyl-D-aspartate. Elle agit sur les signes cliniques de la MPI avec une action hypokinétique et réduit pendant un certain temps les dyskinésies induites par la lévodopa. Cependant ce traitement ne peut être administré à des patients cardiaques ou à des patients présentant des troubles cognitifs, par risque d'hallucination.

L'efficacité de ces traitements sur les symptômes moteurs est bonne, néanmoins tous ces médicaments n'empêchent pas l'évolution de la MPI. Afin de préserver l'efficacité des traitements, les doses doivent donc être adaptées au cours de l'évolution de la maladie.

Par ailleurs, ces traitements ne sont pas efficaces sur les symptômes non moteurs dont l'origine ne vient pas du système dopaminergique.

#### 1.1.6.2 Chirurgicaux [1][3][8]

Parmi les traitements chirurgicaux existants, la stimulation cérébrale profonde (SCP) est le traitement neurochirurgical le plus utilisé. Cette stimulation cible les ganglions de la base où sont implantées des électrodes cérébrales profondes, reliées à un générateur qui délivre une stimulation électrique réglable. Cette stimulation est modulable et réversible. Ce traitement reste cependant palliatif et n'empêche pas l'évolution de la maladie.

Cette chirurgie n'est pas accessible à tous les patients atteints de la MPI. En effet, elle est réservée aux sujets dont la qualité de vie est diminuée par le mauvais contrôle des traitements médicamenteux de l'état moteur. De plus le recours à ce traitement chirurgical est limité à des patients répondant à des critères stricts.

L'effet de la SCP sur les symptômes moteurs dépend de la cible utilisée [1][3] :

- Le noyau sous-thalamique (STN) : pour traiter les signes majeurs de la MPI, ce qui permet une diminution importante voire l'arrêt du traitement dopaminergique. Les impulsions électriques envoyées permettent de réduire l'activité anormale du STN. Il s'agit de la pratique la plus utilisée. Elle cible les patients de moins de 70 ans sans trouble cognitif et qui ont peu de symptômes axiaux sous lévodopa.
- Le globus pallidus interne (GPi) : pour traiter les dyskinésies et les signes majeurs de la MPI. Cette chirurgie est moins efficace que lorsque le STN est ciblé. Cependant les

risques de trouble post-opératoire du comportement et d'aggravation de la marche sont inférieurs.

- Le noyau ventral intermédiaire du thalamus (Vim) : essentiellement pour traiter le tremblement. Cette chirurgie est utilisée pour les patients d'âge avancé dont le tremblement est le symptôme prédominant.

Ce traitement neurochirurgical est préféré à la chirurgie lésionnelle classique par électrocoagulation. En effet, cette dernière permet de réduire le coût immédiat de l'intervention par l'absence d'implantation de matériel. Cependant, l'irréversibilité et les effets indésirables graves de cette intervention ne sont pas négligeables.

Comme toute intervention chirurgicale, la SCP comporte des risques tels que l'hémorragie intracérébrale et l'infection du matériel.

## 1.2 Rééducation en Masso-Kinésithérapie

Malgré les traitements médicamenteux, l'évolution de la MPI entraîne une dégradation de l'autonomie fonctionnelle des sujets atteints. Les mesures non médicamenteuses dans le traitement de la MPI sont donc à ne pas négliger.

La prise en charge rééducative doit être adaptée au patient et au stade d'évolution de la MPI. Cette prise en charge est d'abord préventive, puis corrective pour finalement avoir une fonction d'entretien des fonctions vitales [14].

L'entraînement physique régulier, supérieur à 150 minutes par semaine, assurerait à long terme une amélioration de la mobilité, de l'autonomie et de la qualité de vie. L'activité physique induirait également un ralentissement de la progression de la maladie. L'entraînement physique régulier modéré est donc recommandé, quel que soit le stade de la MPI [3].

### 1.2.1 Kinésithérapie

La prise en charge kinésithérapique débute généralement au stade de l'apparition des complications motrices et des signes axiaux résistants. Cependant il serait intéressant que cette prise en charge démarre plus tôt. En effet, d'après certaines études animales, la rééducation et l'exercice auraient un effet protecteur sur les neurones non détruits [15][16] et favoriseraient la neuroplasticité [17]. Il y aurait cinq principes d'exercices clés qui permettraient la neuroplasticité dans la maladie de parkinson [18] :

- L'activité intensive maximiserait la plasticité cérébrale.
- Les activités complexes favoriseraient une plus grande adaptation structurelle.
- Les activités gratifiantes augmenteraient la synthèse de dopamine favorisant alors l'apprentissage-réapprentissage [19].
- Les neurones dopaminergiques sont très réactifs à l'exercice et l'inactivité (« use it or lose it » [17]).
- Les exercices introduits en phase précoce ralentiraient la progression de la MPI.

Le masseur-kinésithérapeute (MK) a donc un rôle important. Il intervient dans l'évaluation et le traitement de la MPI.

A ce jour, il n'existe pas de protocole précis adaptable à tous les patients. La rééducation kinésithérapique du sujet parkinsonien consiste plutôt en une méthode de travail. A la

différence d'autres rééducations, tel que le traitement orthopédique, il s'agit d'un travail fin de la qualité du mouvement à travers des exercices actifs.

La rééducation de la MPI consiste essentiellement à compenser la motricité automatique par le mouvement volontaire [1]. Le MK doit mettre en place des stratégies de réapprentissage ou de suppléance que le patient peut utiliser dans sa vie quotidienne.

La rééducation de Parkinson réunit quatre méthodes de travail [20][21][22] :

- Les stratégies cognitives et les tâches multiples. Le travail des ressources attentionnelles permet de se rapprocher du contexte de la vie quotidienne. Ces deux méthodes de travail permettent un *travail cognitif*.
- L'indication sensoriel qui permet un *travail sensori-moteur* [23].
- L'entraînement intensif qui associe répétition et intensité afin d'avoir un *travail musculaire*. Il est important de sortir de la zone de confort du patient afin de pouvoir déclencher les processus adaptatifs et de plasticité recherchés. L'exercice de haute intensité pourrait normaliser l'excitabilité cortico-motrice au début de la MPI [24].

Cette revue va s'intéresser principalement à la rééducation motrice de la marche, étant donné que l'hypokinésie de la marche est l'un des plus importants déterminants du handicap et réduit la qualité de vie. Il s'agit d'une atteinte axiale qui commence à être fonctionnellement gênante dès le stade 3 de la classification H&Y. Cette rééducation doit être adaptée au stade de la maladie.

Un éventail large d'approches rééducatives a été proposé et employé dans les protocoles de rééducation pour améliorer la marche. Ces approches rééducatives actives incluent l'entraînement à la marche avec indication sensoriel et la marche sur tapis-roulant, qui a un grade de recommandation B et C [25][14].

### 1.2.2 Pluridisciplinarité [1]

En vue de sa complexité, une multitude de professionnels sont impliqués dans le parcours de soin des sujets parkinsoniens tels que : le neurologue, le masseur-kinésithérapeute, l'orthophoniste, l'infirmière, l'ergothérapeute...

La rééducation orthophonique a une place importante dans la rééducation des sujets parkinsoniens. Elle prend en charge l'activité de la sphère oro-pharyngo-laryngée, notamment les troubles de déglutition et de la parole. La prise en charge est intensive, limitée dans le temps et il est préférable de la renouveler régulièrement, sous forme de cure.

Il s'agit d'une prise en charge spécifique qui suit les principes d'encouragement et de stimulations maximales. La méthode Lee Silverman Voice Therapy (LSVT) peut être utilisée. Elle est fondée sur une rééducation de la prosodie complétée par une rééducation respiratoire, qui correspondent à [8] :

- Un travail laryngé avec maintien de voyelle.
- Un travail sur l'ensemble des tonalités.
- Un travail sur le souffle et la coordination pneumo-phonique.

Les ergothérapeutes peuvent également participer à la rééducation des sujets parkinsoniens. Leur travail permet de maintenir voire de restaurer des activités du sujet parkinsonien. L'objectif est que le patient puisse réaliser ces activités de manière autonome et sécurisée. L'ergothérapie permet également de réduire les situations de handicap en adaptant

l'environnement du patient. Elle prévient, réduit ou supprime les situations de handicap en tenant compte des habitudes de vie des personnes et de leur environnement. Cependant les prestations des ergothérapeutes sont remboursées seulement dans le cadre de structures hospitalières ou de réseaux.

### 1.2.3 Education thérapeutique [1]

La MPI étant une pathologie chronique, l'éducation thérapeutique (ETP) s'inscrit dans le parcours de soin du sujet parkinsonien. L'objectif de l'ETP est d'améliorer la qualité de vie du patient et de le rendre adhérent à son traitement. D'après la Haute Autorité de Santé (HAS), elle « vise à faire acquérir au patient [...] des compétences lui permettant de gérer sa maladie, de réaliser lui-même les gestes liés aux soins, de prévenir les complications évitables et de s'adapter à sa situation » [1].

L'ETP s'appuie sur quatre étapes : élaborer un diagnostic éducatif (connaître le patient, identifier ses connaissances et ses besoins), définir un programme personnalisé d'ETP avec des priorités d'apprentissage, mettre en œuvre les séances individuelles ou collectives, réaliser une évaluation des compétences acquises.

## 1.3 Evaluation clinique de la marche chez le sujet parkinsonien [14]

Plusieurs tests validés permettent d'évaluer la marche. Les plus utilisés sont le test de marche de 6 minutes (TM6) et le test des 10 mètres de marche (TM10), qui sont tous les deux recommandés par la HAS pour évaluer la MPI. Le Timed Up and Go test (TUG), généralement utilisé pour l'évaluation de l'équilibre, peut également être utilisé pour évaluer la marche.

Certaines évaluations instrumentales de la marche sont décrites dans cette revue, étant donné que certains articles n'utilisent que ce moyen pour évaluer la marche.

### 1.3.1 Le test de marche de 6 minutes (TM6)

Le TM6 a une bonne validité convergente avec d'autres tests (Berg Balance test, TUG...) ainsi qu'une excellente fiabilité intra-évaluateur [26]. Il évalue l'endurance, la tolérance à l'effort du sujet en évaluant la distance parcourue par le sujet en 6 minutes, à vitesse rapide. Il permet également d'évaluer la capacité physique des sujets parkinsoniens.

Les constantes du sujet sont prises tout au long de ce test (saturation et fréquence cardiaque).

Le TM6 nécessite un parcours d'au moins 30 mètres, en intérieur, sur surface plate, idéalement dans un couloir rectiligne. Ce parcours doit être balisé tous les 3 mètres par des marques de couleurs. Le point du demi-tour doit également être marqué par un cône de couleur. Il est préférable que la ligne de départ soit matérialisée par une bande de couleur [27].

Afin qu'il soit bien réalisé et reproductible, le TM6 fait l'objet d'une liste de matériel nécessaire, d'une préparation du patient et d'instructions strictes à donner à ce dernier. Certaines données sont à préciser et à relever lors de la réalisation de ce test (cf. annexe 1) [27].

Le changement détectable minimal (MDC) est défini comme un changement valide du score qui n'est pas dû au hasard [28]. Le MDC du TM6, qui permet de quantifier sa sensibilité au changement, est de 82 mètres. Cela signifie que le changement est donc réel lorsque le sujet parcourt 82 mètres de plus ou de moins qu'une mesure précédente.



### 1.3.2 Le test des 10 mètres de marche (TM10)

Ce test a une bonne fiabilité intra-évaluateur [29]. Il évalue la vitesse de marche du sujet en évaluant le temps qu'il met pour parcourir 10 mètres.

Le changement minimal détectable de ce test dépend de la vitesse de marche à laquelle il est réalisé [14] :

- Vitesse confortable : 0,18 m/s.
- Vitesse rapide : 0,25 m/s.

### 1.3.3 Le timed up and go test (TUG)

Le TUG a une bonne validité convergente avec d'autres tests (Berg Balance test, UPDRS, l'H&Y...) [30] ainsi qu'une excellente fiabilité inter-évaluateur [31]. Il chronomètre le temps que met le sujet pour se lever, marcher trois mètres, faire demi-tour et revenir s'asseoir. Le sujet doit démarrer ce test assis sur une chaise, dos collé au dossier et ne doit pas s'aider des membres supérieurs pour se lever et s'asseoir. Deux essais sont autorisés.

Le TUG permet également l'évaluation de l'équilibre et des transferts.

Ce test peut être réalisé en double tâche : le TUG cognitif (avec rajout d'une tâche cognitive) et le TUG moteur (avec rajout d'une tâche motrice).

Le changement minimal détectable de ce test est de 0,67 secondes [14].

### 1.3.4 Evaluation instrumentale de la marche

La marche peut être évaluée avec le système GAITrite et l'analyse 3D de la marche.

- ❖ Le système GAITrite [32] :

Ce système d'analyse fournit sans effort les paramètres spatio-temporels de la marche. Le patient doit marcher sur une surface active munie de capteurs de pression résistifs, qui permet d'obtenir les caractéristiques de façon spontanée.

- ❖ L'analyse 3D de la marche : [33][34]

Ce système d'analyse nécessite un système optoélectronique à 12 caméras avec marqueurs passifs, qui permet de mesurer la cinématique du mouvement. Cette analyse 3D nécessite également des plateformes de force qui permettent d'avoir les dynamiques du mouvement, c'est-à-dire les forces de réactions au sol. Deux caméras sont synchronisées au système optoélectronique et aux plateformes pour l'enregistrement vidéo.

Il est demandé aux sujets de marcher pieds nus, à une vitesse confortable, le long d'une passerelle où les deux plateformes de forces ont été placées.

## 1.4 RAGT (robot-assisted gait training)

L'entraînement à la marche par assistance robotisée est la traduction française de « robot-assisted gait training » (RAGT).

La RAGT consiste à faire marcher un patient dans un appareil qui supporte une partie ou l'intégralité du poids du corps. Cela permet d'éliminer les réflexes d'équilibration tout en permettant un travail de la marche grâce au nombre élevé de répétition. En plus de ce support du poids du corps, la RAGT permet d'induire les mouvements des membres inférieurs [35].

En effet, les dispositifs robotiques fournissent un schéma de marche préprogrammé permettant de reproduire une cinématique de marche normale, une synchronisation du cycle de marche, une coordination inter-membre et inter-articulation [36].

#### 1.4.1 Différents outils

A ce jour, seulement deux types d'outils existent : les systèmes à effecteurs terminaux et les systèmes à exosquelette.

##### ❖ Les systèmes à effecteurs terminaux :

Ces outils sont principalement représentés par le Gait Trainer. Dans cette revue sera abordé le *Gait Trainer 1* (Reha-Stim, Allemagne). Il s'agit d'un système de suspension statique qui est un système d'allègement corporel avec un harnais et des effecteurs terminaux.

Le harnais permet de soutenir le poids du corps et de sécuriser le patient. Des cordes fixées à ce harnais permettent de contrôler les mouvements du centre de gravité en fonction des phases de la marche.

Les effecteurs terminaux sont des plateformes motorisées dans lesquels sont fixés les pieds et qui reproduisent des mouvements semblables au vélo elliptique. Ces plateformes peuvent s'incliner vers l'avant ou l'arrière afin de reproduire les phases portantes et oscillantes de la marche. La vitesse de marche et la longueur de pas peuvent être programmées : les patients peuvent être traités avec une vitesse de marche allant de 0 à 2 km/h et une longueur de pas allant de 28 à 48 cm [35][37].

Figure 1 : Le Gait Trainer [35].



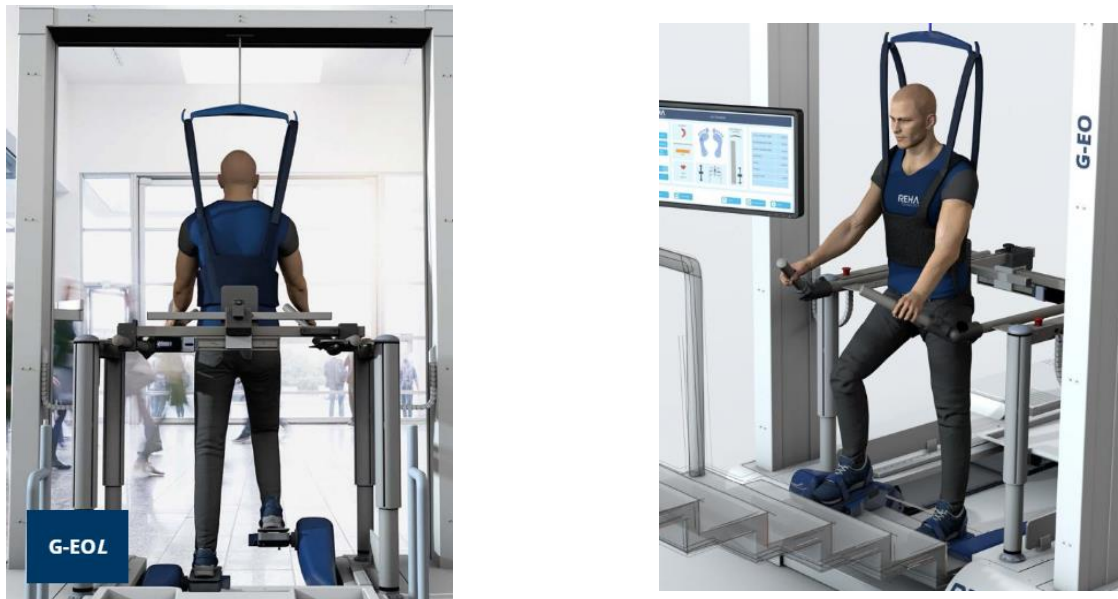
Le robot *G-EO* (Reha Technology, Suisse) fait également partie de ces outils à effecteurs terminaux. Cet appareil est muni d'un harnais qui permet d'alléger le poids du corps pendant la marche. Il comporte également des effecteurs terminaux qui sont deux plateformes librement programmables sur lesquels reposent les pieds. Ces plateformes permettent de reproduire n'importe quel modèle de marche, y compris la montée et la descente d'escaliers. Le système d'engrenage à bascule permet aux plateformes de simuler de manière répétitive une véritable marche hors sol.

Un contrôle intelligent permet à l'appareil de s'adapter aux capacités du patient. Ce système peut également lui fournir un feedback en temps réel.

La longueur et la hauteur des pas peuvent être programmées. La trajectoire des reposes pieds et des mouvements verticaux / horizontaux du centre de gravité sont entièrement

programmables, ce qui permet aux patients en fauteuil roulant de pratiquer la marche simulée hors sol mais aussi la montée et descente des escaliers [38].

Figure 2 : Le robot G-EO [39].



❖ **Les systèmes à exosquelette** [35] :

Ces outils sont principalement représentés par le *Lokomat* (Hocoma, Suisse). Il s'agit d'un dispositif de marche sur tapis-roulant avec un système d'allègement corporel et un système exosquelette qui entraîne les mouvements de l'ensemble des membres inférieurs. Le taux de support du poids du corps, la vitesse de marche, la force de guidance (aide apportée par les moteurs pendant la marche) et les secteurs articulaires de la hanche et du genou, sont paramétrés par ordinateur. Ce système comprend également un écran qui renvoie un feedback visuel au patient.

Figure 3 : Le Lokomat [35].



#### 1.4.2 Apports théoriques de la RAGT

Les avancées technologiques et l'ingénierie biomédicale ont conduit à une utilisation croissante des dispositifs robotiques dans la rééducation de certaines pathologies. Effectivement, la RAGT a fait ses preuves dans la rééducation à la marche de certaines maladies neurologiques. C'est le cas de l'utilisation du Gait Trainer 1 et du robot G-EO pour la rééducation de la marche chez les Accidents Vasculaires Cérébraux (AVC) [37][38].

En ce qui concerne la maladie de Parkinson, l'entraînement à la marche avec des appareils électromécaniques, tel que le tapis roulant, se sont révélés efficaces [40]. En effet, la rééducation sur tapis-roulant fait partie des approches rééducatives actives de la marche dans la MPI [14].

Cependant la rééducation sur tapis de marche n'est possible que chez des patients ayant un potentiel de marche minimal. L'utilisation de la RAGT permettrait alors de traiter les personnes souffrant de troubles axiaux sévères. De plus, elle permet d'augmenter le défi d'entraînement, en imposant des paramètres cinématiques spécifiques et en fournissant des signaux somatosensoriels stéréotypés intensifs continus.

En effet, les outils de la RAGT entraînent un travail forcé et imposent des trajectoires cohérentes et symétriques des membres inférieurs, fournissant alors des entrées proprioceptives qui peuvent augmenter l'activation corticale et améliorer la fonction motrice [41]. Cela permettrait ainsi d'optimiser les stratégies de réadaptation conventionnelles.

Il a également été suggéré que la RAGT, particulièrement le système exosquelette, améliorerait la récupération de la marche en favorisant la plasticité cérébrale grâce à l'entraînement locomoteur répétitif. En effet cette neuroplasticité serait sollicitée par la fréquence et l'intensité élevée de la répétition des mouvements axés sur la tâche [42][43].

La RAGT pourrait faciliter l'initiation et la poursuite de la marche, en activant éventuellement les voies corticales et en contournant les noyaux gris centraux par un mécanisme compensatoire [36]. La RAGT améliorerait également l'automatisme du contrôle moteur en stimulant les générateurs de modèle central au niveau de la moelle épinière par une activation plus équilibrée des extenseurs et des fléchisseurs de hanche [36]. Le support du poids du corps influencerait l'activité des extenseurs ainsi que le mécanisme de rétroaction proprioceptive des récepteurs de charge [44].

De plus, la RAGT impose un travail forcé à haute intensité qui permet d'augmenter les performances fonctionnelles des sujets parkinsoniens [24]. Les bénéfices du travail intensif dans la MPI ont précédemment été mentionnés.

Tous ces points permettent de valider la théorie d'efficacité de la RAGT sur la marche du sujet parkinsonien.

#### 1.5 Pertinence de la revue

L'intérêt croissant pour l'utilisation de la RAGT en tant que nouvelle technologie kinésithérapique pour traiter les déficiences motrices de la MPI, rend pertinent l'analyse critique des travaux existants à ce sujet.

Les troubles de la marche représentent l'un des symptômes moteurs les plus handicapants de la MPI, fréquemment associé à une perte de l'indépendance et à une diminution de la qualité de vie, impactant négativement la vie sociale et professionnelle du sujet parkinsonien [36]. C'est pourquoi cette revue se concentre essentiellement sur ce symptôme moteur.

La prise en charge de la MPI en rééducation fonctionnelle a longtemps été empirique et de nombreuses études sont publiées afin d'affiner cette prise en charge. La rééducation de la marche sur tapis-roulant dans la MPI est déjà recommandé [14]. Cependant aucune recommandation n'existe encore sur la pratique de la RAGT dans la rééducation de Parkinson.

Il existe peu de revue de littérature qui s'intéresse à l'effet de la RAGT sur la marche du sujet parkinsonien. La revue de Tefertiller 2011 [45] étudie l'efficacité de la RAGT sur les pathologies neurologiques, sans cibler particulièrement la MPI. De plus, cette revue a presque une dizaine d'année et ne relève aucune étude sur l'utilisation des dispositifs robotiques sur la fonction motrice de la MPI.

A ce jour, il existe une revue de littérature qui étudie l'efficacité de la RAGT sur les troubles moteurs de la MPI [25]. Cependant la revue d'Alwardat 2018 [25] n'inclue pas les articles publiés après avril 2018. Elle diffère ainsi de l'actuelle revue de littérature par les articles inclus et par le critère de jugement principal qu'elle étudie, qui est la section III de l'UPDRS.

La revue la plus récente est celle d'Alwardat 2019 [46], cependant celle-ci se concentre sur les articles qui étudient l'impact de la RAGT sur le freezeing à la marche uniquement.

Il semble donc pertinent de réaliser une revue de littérature plus récente, sur les travaux qui étudient l'impact de la RAGT sur la marche du sujet parkinsonien, afin d'apporter un complément à celles déjà existantes.

De plus, la pratique basée sur les preuves, ou EBP (evidence based practice), étant de plus en plus recommandée et utilisée [47], la réalisation d'une revue de littérature est pertinente puisqu'elle synthétise l'état actuel de la recherche en lien avec l'impact de la RAGT sur les signes moteurs de la MPI. Elle permet d'accéder rapidement et facilement à une synthèse concernant ce sujet, afin de pouvoir appliquer les résultats dans la pratique clinique.

## 2. Méthode

### 2.1 Critères d'éligibilité des études de cette revue

Cette partie traite les critères qui ont été utilisés afin de sélectionner de manière pertinente les travaux à inclure dans cette revue de littérature.

#### 2.1.1 Types d'études

Cette littérature recherche l'effet de la RAGT sur la marche chez les sujets Parkinsoniens. La question clinique de cette revue a donc une thématique thérapeutique. Elle permet de voir quelle est l'efficacité thérapeutique d'un traitement, ici curatif, par rapport à un autre traitement.

En ce qui concerne les critères d'éligibilité, seuls les essais cliniques randomisés (ECR) sont sélectionnés afin d'avoir la meilleure pertinence clinique possible. En effet la qualité de cette revue est augmentée par le design d'étude des ECR, de par leur position élevée dans la pyramide d'évidence [48].

Les études de cas, les essais cliniques non randomisés, les propositions de protocole et la littérature grise ont été exclus, leur niveau de preuve étant trop faible. Les revues systématiques et méta-analyses sont utilisées afin de trouver des études supplémentaires potentiellement pertinentes.

Les articles sélectionnés doivent être publiés entre 2010 et 2019 et rédigés en français ou en anglais. Les références constituant les différentes bibliographies pourront être étudiées dans le but d'améliorer la qualité de la revue.

### 2.1.2 Type de population

Les études traitant des personnes atteintes de pathologies neurologiques autres que la MPI ont été exclues. Les participants des études sélectionnées doivent être diagnostiqués seulement de la MPI par les critères de l'UK Brain Bank [49].

Les études de cette revue ont été sélectionnées sans prendre en compte l'âge des participants, leur origine, leur genre, l'ancienneté de leur diagnostic, le stade H&Y de la maladie, la durée du traitement, le type de traitement médicamenteux. Cependant chaque article inclus doit préciser les critères d'inclusion et d'exclusion concernant les patients qu'il étudie, tels que le diagnostic de la MPI, l'absence de stimulation cérébrale profonde et un traitement médicamenteux stable et inchangé.

### 2.1.3 Type d'intervention et comparateur

Les participants des ECR doivent être répartis aléatoirement en 2 groupes minimums. Un de ces groupes de sujet doit recevoir un entraînement à la marche par assistance robotisée, quelle que soit sa nature ou son type. Il s'agira du groupe expérimental.

La durée du programme d'intervention doit être supérieure ou égale à 4 semaines. Le protocole et les exercices doivent être précisés dans l'étude. Ces protocoles expérimentaux seront variables en fonction des essais cliniques, avec un nombre de séances variant de 12 à 20 séances, une fréquence de séance allant de 3 à 5 fois par semaine et un temps de marche variant de 30 à 45 minutes par séance.

Les participants des études retenues doivent recevoir exclusivement l'intervention à laquelle ils sont assignés. Ainsi, les articles dont les participants subissent d'autres interventions de rééducation des membres inférieurs pendant le protocole de l'étude, sont exclus.

### 2.1.4 Comparateurs

Les études sont sélectionnées si le groupe expérimental est comparé à un ou plusieurs groupes contrôles recevant une autre intervention :

- Soit un entraînement à la marche sur tapis-roulant.
- Soit un entraînement à la marche conventionnel et/ou thérapie physique classique.

### 2.1.5 Critères de jugement

Les critères de jugement principaux de cette revue sont les troubles de la marche, dont les résultats sont représentés principalement par des tests et des échelles équivalentes : le test de marche de 6 minutes (TM6), le test de 10 mètres de marche (TM-10), le Timed Up and Go test (TUG). Les paramètres spatio-temporels de la marche font également partie des critères de jugement principaux, dont la mesure se fait avec le système GAITrite ou avec l'analyse 3D de la marche.

Les critères de jugement secondaires concernent :

- L'invalidité globale de la maladie dont la mesure est l'échelle UPDRS totale.
- La fatigue dont la mesure est la Parkinson's Fatigue Scale (PFS).
- L'équilibre dont la mesure est l'échelle Berg Balance Scale (BBS).
- Le freezing à la marche dont la mesure est le Freezing Of Gait Questionnaire (FOG-Q).

- L'amélioration de la qualité de vie dont la mesure est la Parkinson's Disease Quality of life scale-39 (PDQ-39).

Aucun article n'est exclu en fonction de la technique d'évaluation tant qu'elle concerne la marche ou la MPI.

Tableau 1 : Modèle PICO utilisé pour les critères d'éligibilité de l'étude.

Critères PICO	Signification	Explication
<b>P</b>	Population	Patients atteints de la maladie de Parkinson idiopathique
<b>I</b>	Intervention	Entraînement à la marche par assistance robotisée (RAGT)
<b>C</b>	Comparateur (intervention témoin)	Entraînement à la marche conventionnel / sur tapis-roulant / thérapie physique classique
<b>O</b>	« Outcome » (critère de jugement)	Marche

## 2.2 Stratégie et méthodologie de recherche des études

Cette partie consiste à répertorier et sélectionner tous les essais cliniques randomisés correspondant au sujet choisi.

La recherche d'articles à inclure dans cette revue a été réalisée du mois de juillet 2019 au mois de décembre 2019, exclusivement par l'auteure de la revue. Afin d'être plus précis dans cette recherche, une date limite a été fixée à 2010, ainsi les articles publiés avant cette date n'ont pas été inclus.

L'objectif de cette recherche est de sélectionner des essais cliniques randomisés bien conçus.

### 2.2.1 Sources documentaires investiguées

La rédaction de cette revue de littérature a été possible grâce à une recherche documentaire informatisée, effectuée selon les lignes directrices PRISMA [50]. Pour que la sélection des articles à inclure soit la plus pertinente possible, plusieurs bases de données ont été utilisées :

- Pubmed, qui donne accès à la base de données bibliographique MEDLINE.
- PEDro (Physiotherapy Evidence Database).
- Cochrane Library.
- Science Direct, qui est une plateforme de recherche scientifique gérée par l'éditeur ELSEVIER.
- Kinedoc, qui est une base documentaire de la physiothérapie francophone, donnant accès à la littérature grise.

D'autres sources documentaires ont été utilisées telles que des références identifiées dans des revues de littératures ou dans la littérature grise (travaux de mémoire notamment).

Afin d'élargir la possibilité de trouver d'autres articles pertinents la bibliographie des articles retenus a été lue.

Cette technique de recherche de littérature a permis de retenir 19 articles à analyser.

### 2.2.2 Equations de recherches utilisées

Afin d'utiliser au mieux les différentes bases de données et d'affiner la sélection, une équation de recherche a été construite, en combinant différents mots-clés à partir du modèle PICO de la question de recherche de cette revue. L'outil MeSH INSERM a été utilisé pour la traduction, fournissant ainsi des MeSH Terms (Medical Subjects Headings) en anglais relatifs aux mots-clés.

Les différents termes de recherche utilisés sont les suivants : « parkinson » « parkinson's disease » pour la population, « RAGT » « robotic » « robotic assistance » « robot assisted » pour l'intervention, « gait » pour le critère de jugement.

Ces termes ont ensuite été associés à différents opérateurs booléens afin de donner une combinaison de mots-clés :

((« parkinson » OR « Parkinson's disease ») AND (« RAGT » OR « robotic assistance » OR « robotic » OR « robot assisted ») AND (« gait »).

Cette combinaison a été adaptée pour chaque base de données.

*Tableau 2 : Equations de recherche selon les bases de données.*

BASES DE DONNEES	COMBINAISONS DE MOTS-CLES	RESULTATS (nombre)
Pubmed	(parkinson OR parkinson's disease) AND (RAGT OR robotic OR robotic assistance OR robot assisted)	168
PEdro	Parkinson AND robotic	13
Cochrane Library	(parkinson OR parkinson's disease) AND (RAGT OR robotic OR robotic assistance OR robot assisted)	46
Science Direct	(parkinson OR parkinson's disease) AND (robotic assistance OR robotic OR robot assisted) AND (gait OR balance) NOT (upper limb OR brain stimulation OR virtual reality)	142
Kinédoc	(Parkinson OU maladie de Parkinson) ET (RAGT OU assistance robotisée OU robot)	0
<b>TOTAL (avec doublons)</b>		<b>369</b>

L'équation de recherche utilisée n'a pas permis de trouver d'article dans la base de données Kinédoc.

Les travaux trouvés sur la base de données Cochrane Library n'ont pas été retenus pour plusieurs raisons :

- Ils étaient introuvables en texte intégral.



- Ils existaient déjà dans les autres bases de données et constituaient alors des doublons.
- Ils ne répondaient pas aux critères d'inclusion.

Les articles retrouvés sur PEDro étaient déjà tous publiés sur les autres bases de données. Ils ont donc été exclus en tant que doublons.

## 2.3 Méthode d'extraction et d'analyse des données

### 2.3.1 Sélection des articles

Le nombre d'articles obtenus par la recherche documentaire étant important, différentes sélections ont été nécessaires afin d'affiner cette recherche. Ainsi, des critères d'inclusion et d'exclusion spécifiques à chaque sélection ont été prédéfinis. Le choix d'intégrer ces critères a permis de cibler les articles répondant au mieux à la problématique de cette revue.

La sélection des articles compte au total trois étapes présentées dans le tableau ci-dessous (tableau 3).

Tableau 3 : Critères d'inclusion et d'exclusion de la sélection des articles.

Sélection	Critères d'inclusion	Critères d'exclusion
<b>1<sup>ère</sup></b>	Suppression des doublons	
<b>2<sup>ème</sup> = analyse du titre et du résumé</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mention de la maladie de Parkinson Idiopathique</li> <li>- Mention de la RAGT</li> <li>- Mention de la marche</li> <li>- Etudes publiées entre janvier 2010 et décembre 2019</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Articles rédigés dans une autre langue que le français ou l'anglais</li> <li>- Protocoles, analyses secondaires, études de cas, revues systématiques / méta-analyses</li> <li>- Maladies neurologiques autres que Parkinson</li> <li>- Mention de rééducation du membre supérieur</li> <li>- Mention de réalité virtuelle</li> <li>- Mention de stimulation cérébrale profonde</li> </ul>
<b>3<sup>ème</sup> = lecture en texte intégral</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Score PEDro &gt; 5</li> <li>- Essais cliniques randomisés</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Essais cliniques non randomisés</li> <li>- Absence de groupe comparateur</li> <li>- Score PEDro &lt; 6</li> <li>- Patients souffrant d'un syndrome parkinsonien</li> <li>- Patients recevant une autre intervention en plus du protocole de l'étude</li> </ul>

Les études présentant tous les critères d'inclusions sont **incluses** dans la revue.

Les études ne répondant pas à tous les critères d'inclusion ou présentant au moins un des critères d'exclusion sont **exclues** de la revue.

### 2.3.2 Evaluation de la qualité méthodologique des études

Une analyse critique de chaque étude sélectionnée a été réalisée avec l'échelle PEDro (cf. annexe 2), qui est un outil d'évaluation, valide et fiable, des risques de biais déterminant ainsi le niveau de preuve des essais cliniques randomisés [51][52].

Cette échelle est faite de plusieurs items qui permettent d'identifier les essais cliniques randomisés ayant un bon niveau de validité interne et externe, ainsi que des informations statistiques suffisantes pour interpréter les résultats. Cette évaluation est nécessaire pour pouvoir estimer la qualité méthodologique des études, c'est-à-dire l'importance que l'on peut attribuer aux résultats publiés.

L'échelle d'évaluation PEDro comporte 11 items et donne un score sur 10, le critère 1 (critère d'éligibilité) correspondant à la validité externe de l'étude et n'étant pas pris en compte dans le score total PEDro. Plus ce score est élevé plus la qualité méthodologique de l'essai est bonne. On considère ainsi qu'un score total inférieur à 4 correspond à un faible niveau de qualité méthodologique, un score compris entre 4 et 6 correspond à un niveau modéré de qualité méthodologique et un score compris entre 6 et 10 correspond à un haut niveau de qualité méthodologique d'un essai.

Les items 2 à 9 évaluent la validité interne de l'étude. « *La validité interne permet de s'assurer que le résultat obtenu est issu d'une démarche hypothético-déductive et reflète bien la réalité car il n'est dû ni à un biais ni au hasard. L'absence de biais dépend de la qualité méthodologique et de la qualité de réalisation de l'essai. La réalité statistique du résultat est confirmée ou infirmée par le test d'hypothèse [...]. En lecture critique, il convient d'éliminer la possibilité que l'hypothèse ait pu être formulée après la prise de connaissance des résultats de l'essai* » [53][54].

Les items 10 et 11 évaluent la validité statistique de l'étude [54].

Il est important de préciser que l'échelle PEDro ne peut pas être utilisée comme une mesure de la « validité » des conclusions des essais (utilité clinique du traitement), ni utilisée pour comparer leur « qualité ». En effet l'analyse critique des études doit se poursuivre par l'analyse de la pertinence clinique en considérant, l'importance de la taille de l'effet de l'intervention, les rapports bénéfice/risque et coût/ efficacité, la pertinence des résultats et critères de jugements permettant de porter un jugement sur ce résultat [54].

Seuls les essais cliniques randomisés avec un score PEDro strictement supérieur à 5 ont été retenus. En effet, il est considéré que les essais qui ont un score  $\geq 6$  à l'échelle PEDro ont un niveau modéré à élevé [55].

### 2.3.3 Extraction des données

Après avoir vérifié la qualité méthodologique des articles inclus, ils ont été évalués en intégralité pour en extraire les données suivantes :

- ❖ Relatives aux articles :
  - Les auteurs
  - L'année de publication
  - Type et design de l'étude

- ❖ Relatives aux participants des études (caractéristiques démographiques) :
  - L'âge moyen des participants
  - Le stade Hoehn & Yahr
  - Traitement médicamenteux
  - Durée de la maladie
  - Le nombre de patients inclus dans l'étude
  - Le nombre de patients étudiés dans les groupes
  - Les critères d'inclusion
  - Les critères d'exclusion
  
- ❖ Relatives au protocole et interventions des études :
  - Durée du protocole (nombre de séances et durée)
  - Type de RAGT
  - Description des programmes de chaque groupe
  - Points temporels de l'évaluation
  
- ❖ Relatives aux critères de jugement :
  - Critère de jugement principal
  - Critères de jugement secondaires
  - Résultats de l'étude

Ces données sont recueillies en suivant le modèle PICO (Participant, Intervention, Comparaison, Outcome), afin de réaliser une étude qualitative de ces études conformément aux lignes directrices PRISMA [50].

Ces données sont présentées dans un tableau (tableau 4), leur année de publication allant de 2010 à 2019.

#### 2.3.4 Méthode de synthèse des résultats

Il s'agit d'une méthode de synthèse qualitative qui suit les lignes directrices de rédaction PRISMA [50].

La synthèse qualitative consiste à « *rassembler les études, les superposer puis les analyser à nouveau afin d'obtenir de nouvelles idées conceptuelles, de nouvelles explications théoriques ou une nouvelle interprétation d'un phénomène* » [56]. Elle diffère de la méthode de synthèse quantitative (méta-analyse) qui consiste à refaire des analyses statistiques à la collecte des résultats des études.

Les résultats des différentes études sont regroupés afin d'effectuer une synthèse commune de plusieurs articles. Ces résultats ont été synthétisés selon les différents critères de jugement (principaux, secondaires). Comme les études incluses n'utilisent pas toutes le même comparateur, les résultats sont séparés en deux parties selon le type d'intervention contrôle. Les résultats seront d'abord présentés par une synthèse des données pour chaque groupe d'intervention (résultats intragroupe) puis les données intergroupes, les ampleurs d'effet et intervalles de confiance à 95% seront présentés. Ces derniers ont été calculés pour chaque critère de jugement en utilisant une méthode qui suppose des variances égales pour les deux populations [57].

Cette synthèse permet d'apporter une réponse à la problématique de cette revue. Elle montre dans un premier temps les effets de la RAGT sur la marche des sujets parkinsoniens puis dans un second temps une éventuelle supériorité des résultats de la RAGT par rapport à d'autres techniques de rééducation de la marche.

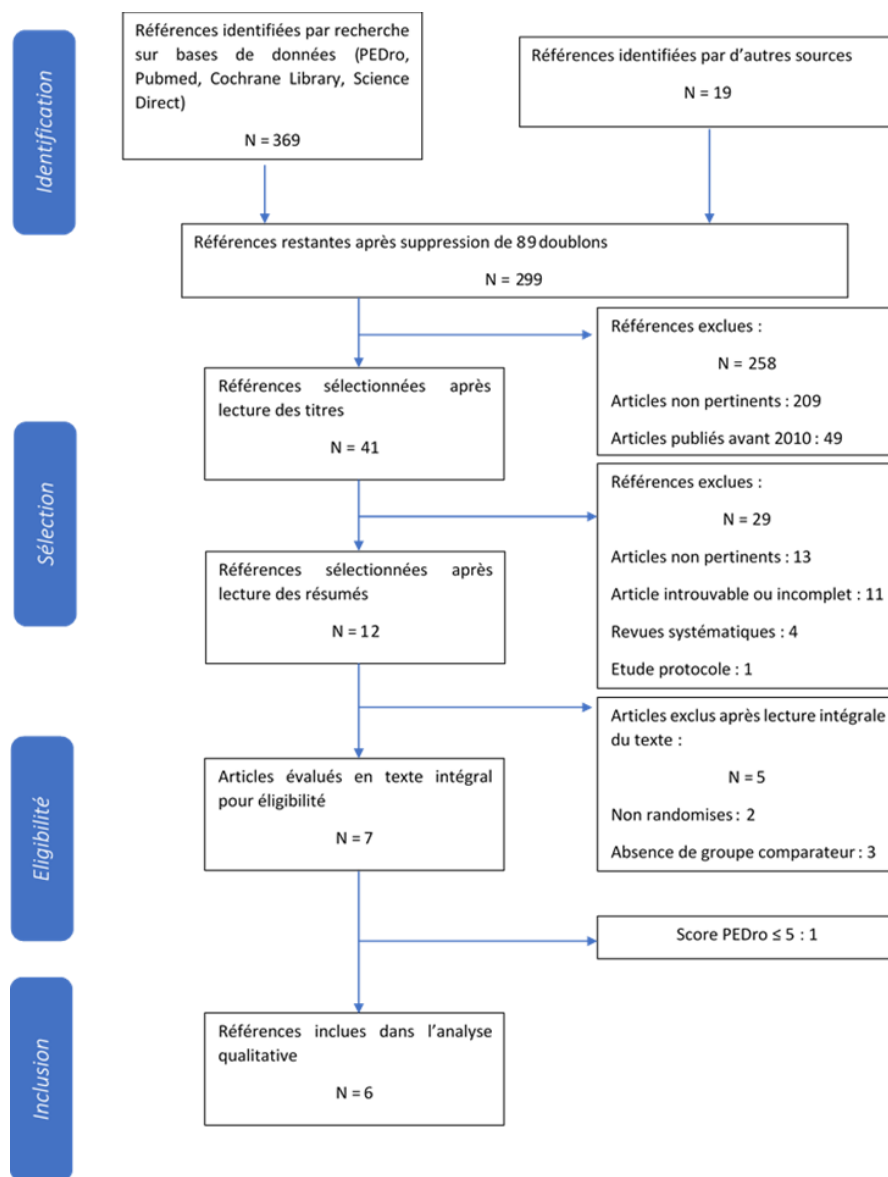
### 3. Résultats

#### 3.1 Description des études

##### 3.1.1 Diagramme de flux

Le diagramme de flux synthétise les résultats des recherches sur les bases de données. Il permet de visualiser le processus de sélection des articles, où N représente le nombre d'études.

Figure 1 : Diagramme de flux PRISMA.



Un total de 388 publications a été identifié lors de la recherche documentaire sur les bases de données et d'autres sources.

L'étape d'identification a consisté à retirer tous les doublons existants et a permis de réduire le nombre de travaux retenus à 299.

Pendant l'étape de la sélection, les titres et résumés ont été analysés réduisant respectivement le nombre d'article à 41 puis à 12. C'est lors de cette sélection que la majorité des articles ont été exclus. La plupart d'entre eux ne répondaient pas à la problématique et/ou aux critères de sélection, abordant alors d'autres pathologies neurologiques, les membres supérieurs ou bien la réalité virtuelle. C'est également lors de cette étape que les articles publiés avant 2010 ont été exclus. Certains travaux n'ont pas été retenus, étant introuvables en texte intégral. Aucun article n'a été exclu pour cause linguistique, les articles identifiés étant tous publiés en anglais ou en français.

L'étape d'éligibilité correspond à une sélection après lecture en texte intégral des 12 articles sélectionnés à l'étape précédente.

Cette étape de la sélection permet alors une sélection finale de 6 essais cliniques randomisés.

### 3.1.2 Etudes exclues

Après suppression des doublons, au total 299 travaux ont été exclus. Les six études exclues, d'après les critères d'exclusion, lors de la lecture en texte intégrale sont listées dans le tableau ci-dessous (tableau 4).

*Tableau 4 : caractéristiques des études exclues et raison de l'exclusion.*

	<b>Auteurs</b>	<b>Année</b>	<b>Titre</b>	<b>Raison de l'exclusion</b>
<b>1.</b>	Lo & al. [58]	2010	Reduction of freezing of gait in Parkinson's disease by repetitive robot-assisted treadmill training : a pilot study.	Absence de groupe comparateur.
<b>2.</b>	Barbe & al. [59]	2012	Long term effect of robot-assisted treadmill walking reduces freezing of gait in Parkinson's disease patients : a pilot study.	Absence de groupe comparateur.
<b>3.</b>	Pilleri & al. [60]	2015	Overground robot-assisted gait trainer for the treatment of drug resistant freezing of gait in Parkinson's disease.	Absence de groupe comparateur.
<b>4.</b>	Furnari & al. [36]	2017	Robotic-assisted gait training in Parkinson's disease: a three-month follow-up randomized clinical trial	Score PEDro < 6
<b>5.</b>	Carpinella & al. [61]	2018	Counteracting postural perturbations through body weight shift : a pilot study using platform in subjects with Parkinson's disease.	Essai clinique non randomisé.
<b>6.</b>	Marchesi & al. [62]	2019	Robot-based assessment of sitting and standing balance : preliminary results in Parkinson's disease.	Essai clinique non randomisé.

### 3.1.3 Etudes incluses

Les 6 études sélectionnées sont des essais cliniques randomisés qui respectent les critères d'inclusion et les critères d'exclusion cités précédemment. Ces articles ont été publiés en anglais entre 2012 et 2019. La RAGT est comparée à une autre intervention visant à réduire la marche : entraînement à la marche conventionnel, sur tapis-roulant et/ou thérapie physique classique.

**Tableau 5 : Références des essais cliniques randomisés inclus.**

	<b>Titres</b>	<b>Auteurs</b>	<b>Année, lieu</b>	<b>Source</b>
N°1	Robot-assisted gait training versus treadmill training in patients with Parkinson's disease: a kinematic evaluation with gait profile score [63]	Carda & al.	2012, Italie	Functional neurology
N°2	Robot-Assisted Gait Training in Patients With Parkinson Disease [64]	Picelli & al.	2012, Italie	Neurorehabilitation and neural repair
N°3	Robot-assisted gait training versus equal intensity treadmill training in patients with mild to moderate Parkinson's disease: A randomized controlled trial [65]	Picelli & al.	2013, Italie	Parkinsonism & related disorders
N°4	Robot-assisted walking training for individuals with Parkinson's disease: a pilot randomized controlled trial [66]	Sale & al.	2013, Italie	BMC Neurology
N°5	Robot-assisted gait training versus treadmill training in patients with Parkinson's disease: a kinematic evaluation with gait profile score [67]	Galli & al.	2016, Italie	Functional neurology
N°6	Clinical effects of robot-assisted gait training and treadmill training for Parkinson's disease. A randomized controlled trial [68]	Capecchi & al.	2019, Italie	Annals of physical and rehabilitation medicine

Les caractéristiques détaillées de chaque essai sont regroupées analytiquement en annexe (cf. annexe 3) et synthétiquement dans le tableau ci-dessous (tableau 6).

Tableau 6 : Synthèse des caractéristiques de chaque étude.

AUTEURS	PARTICIPANTS	GROUPE EXPERIMENTAL (RAGT)	GROUPE CONTROLE	CALENDRIER INTERVENTIONNEL	EVALUATIONS	MESURE DES RESULTATS	PRINCIPAUX RESULTATS
<b>CARDA &amp; AL. (2012)</b>	N = 30 Age moyen = 67,89 ans H&Y = 2,2 Durée de la maladie = 3,73 ans	N = 14 Type de RAGT = <b>Lokomat</b> , appareil exosquelette	N= 14 Intervention contrôle = <b>entraînement à la marche sur tapis roulant</b>	30 min, 3 x/semaine, pendant 4 semaines (12 séances)	- Avant intervention - Après intervention - 3 mois après intervention - 6 mois après intervention	TM6, TM10m, TUG	Amélioration significative du TM6, TM10m, TUG mais pas de différence significative entre le groupe expérimental et contrôle.
<b>PICELLI &amp; AL. (2012)</b>	N = 41 Age moyen = 68,4 ans H&Y = 2,7 Durée de la maladie = 7 ans	N = 21 Type de RAGT = <b>Gait Trainer 1</b> (GT1), système de suspension statique	N = 20 Intervention contrôle = rééducation non intensive avec <b>exercice PNF</b> et mobilisation active	45 min, 3x/semaine, pendant 4 semaines (12 séances)	- avant intervention (T0) - après intervention (T1) - 1 mois après intervention (T2)	TM10m, TM6, Système GAITrite, PFS, UPDRS	Amélioration significative de la plupart des critères de jugement dans le groupe expérimental et différence significative intergroupe.
<b>PICELLI &amp; AL (2013)</b>	N = 60 Age moyen = 68,3 ans H&Y = 3 Durée de la maladie = 6,8 ans	N = 20 Type de RAGT = <b>Gait Trainer 1</b> (GT1), système de suspension statique	N = 20 1ère intervention contrôle = <b>entraînement à la marche sur tapis-roulant</b>  N = 20 2ème intervention contrôle = <b>exercices PNF non intensifs</b>	45 min (30 min pour le 2ème groupe contrôle), 3 x/semaine, pendant 4 semaines (12 séances)	- avant intervention (T0) - après intervention (T1) - 3 mois après intervention (T2)	TM6, TM10, système GAITrite, BBS, PFS, UPDRS	Amélioration significative des critères de jugement cependant peu de différence significative entre le groupe expérimental et le groupe d'entraînement à la marche sur tapis-roulant.

Tableau 6 (suite) : Synthèse des caractéristiques de chaque étude.

AUTEURS	PARTICIPANTS	GROUPE EXPERIMENTAL (RAGT)	GROUPE CONTROLE	CALENDRIER INTERVENTIONNEL	EVALUATIONS	MESURE DES RESULTATS	PRINCIPAUX RESULTATS
<b>SALE &amp; AL (2013)</b>	N = 20 Age moyen = 69 ans H&Y = 2,5 – 3,5 Durée de la maladie = 8,56 ans	N = 10 Type de RAGT = <b>Robot G-EO</b> , système à effecteurs terminaux	N= 10 Intervention contrôle = <b>entraînement à la marche sur tapis-roulant</b>	45 min, 5x/semaine, pendant 4 semaines (20 séances)	- au début du traitement (T0) - à la fin du traitement (T1)	Analyse 3D de la marche (cadence, longueur de foulée, durée de la phase de double appui)	Amélioration significative de la vitesse de marche, de la longueur de pas et de foulée sans différence significative intergroupe.
<b>GALLI &amp; AL (2016)</b>	N = 50 Age moyen = 67,6 ans H&Y = 2,5 à 4 Durée de la maladie = 9 ans	N = 25 Type de RAGT = <b>robot G-EO</b> , système à effecteurs terminaux	N = 25 Intervention contrôle = <b>entraînement à la marche sur tapis roulant</b>	45 min, 5x/semaine, pendant 4 semaines (20 séances)	- au début du traitement (T0) - à la fin du traitement (T1)	Analyse 3D de la marche (vitesse moyenne, longueur de foulée, cadence)	Amélioration significative de la moyenne de vitesse, longueur de pas et cadence pour le groupe expérimental sans différence significative avec le groupe contrôle
<b>CAPECCI &amp; AL (2019)</b>	N = 110 Age moyen = 67,6 ans H&Y = 3 Durée de la maladie = 8,9 ans	N = 60 Type de RAGT = <b>robot G-EO</b> , système à effecteurs terminaux	N = 50 Intervention contrôle = <b>entraînement à la marche sur tapis roulant</b>	45 min, 5x/semaines, pendant 4 semaines (20 séances)	- au début du traitement (T0) - à la fin du traitement (T1)	TM6, TM10, TUG, FOG-Q, UPDRS, PDQ 39	Amélioration non significative du TM6 dans le groupe contrôle. Amélioration du TUG, TM10, FOG-Q score, UPDRS, pour les deux groupes sans différence significative.



### 3.1.3.1 Participants

Sur l'ensemble des travaux sélectionnés, le nombre total de participants inclus est de 311. Le nombre total de patients analysés est de 290 dont 155 femmes (53,45%) et 135 hommes (46,55%).

En effet, les études de Picelli 2012 et de Capecchi 2019 renseignent le sex-ratio seulement sur le nombre de participants analysés.

L'âge moyen pour l'ensemble des études est de 68,13 ans, la moyenne d'âge la plus basse étant 67,6 ans et la plus haute étant 69 ans.

Pour chaque étude, les participants sont atteints de la maladie de Parkinson diagnostiquée par les critères de l'UK Brain Bank [49]. Ils ont un stade Hoehn & Yahr allant de 1 à 4 (léger à sévère). Dans trois études les participants ont tous un stade  $\leq$  à 3 (léger à modéré) [63][64][65]. Dans les trois autres études les patients ont un stade de la maladie pouvant atteindre 4 à H&Y (stade modéré à sévère) [66][67][68].

Le durée moyenne de la maladie est de 7,33 ans, allant de 3 ans à 9 ans.

Pour l'ensemble des travaux, le traitement médicamenteux des patients est stable et inchangé pendant l'étude. Seuls trois études mentionnent les médicaments et leurs doses [63][67][68].

Les critères d'inclusion sont indiqués pour chaque article. Tous les essais acceptent des patients sans démence, avec un score au mini-mental test (MMSE) supérieur ou égal à 24, à l'exception de deux études [66][67] qui ne le précisent pas.

Les critères d'exclusion sont également indiqués pour chaque article. Trois études excluent les patients ayant subi un traitement chirurgical de la maladie de Parkinson [63][66][67].

Certaines études précisent que les participants n'ont pas subi d'autre forme de rééducation :

- Dans les trois mois précédant l'étude et au cours l'étude [64][65].
- Dans les six mois précédant l'étude [63][68].

Quatre études précisent également le niveau de capacité des participants avant le début de l'étude [63][66][67][68].

Tous les patients ont donné leur consentement éclairé écrit avant d'entrer dans les études, qui ont été approuvées par les comités d'éthiques locaux.

### 3.1.3.2 Interventions

Tous les patients ont été répartis aléatoirement dans au moins deux groupes. Seul un article possède trois groupes de patients [65]. Pour l'ensemble des travaux, l'homogénéité des groupes a été évaluée avant de le début des études avec le test de Mann-Whitney, qui permet la comparaison intergroupe.

Dans l'ensemble des travaux retenus, au moins un groupe de patient a pour intervention la RAGT. Parmi ces études, deux d'entre elles utilisent le Gait Trainer 1 (GT1) [64][65] et trois autres études utilisent le robot G-EO [66][67][68]. Seule une étude utilise le Lokomat pour la RAGT [63].

Pour toutes les études, l'intervention du groupe contrôle implique les membres inférieurs :

- Entraînement à la marche sur tapis-roulant, pour quatre études [63][66][67][68].

- Kinésithérapie conventionnelle avec mobilisation active et exercices de facilitation proprioceptive neuromusculaire (PNF) appliqués à la région pelvienne, pour une étude [64]. Cette intervention est un programme conventionnel non intensif.
- Une étude a deux groupes contrôles dont les interventions sont respectivement l'entraînement à la marche sur tapis-roulant et la thérapie à la marche par concept PNF [65].

Pour l'ensemble des études, la durée de l'intervention est égale à un mois, avec un nombre de séances totales variant de 12 séances [63][64][65] à 20 séances [66][67][68].

A l'exception d'une étude [63], la durée d'une séance est de 45 minutes pour l'ensemble des articles.

Cependant, le temps total de marche durant une séance est de 30 minutes pour trois études [63][64][65]. Dans les trois autres essais le temps total de marche est de 45 minutes [66][67][68].

Concernant les résultats, les évaluations se font sur le court, moyen et/ou long terme selon les articles :

- Trois essais réalisent une seule évaluation post-intervention [66][67][68]. Ces articles n'effectuent donc pas de suivi.
- Deux études proposent trois évaluations, avec un suivi allant de 1 mois à 3 mois [64][65].
- Un article propose quatre évaluations, le suivi allant jusqu'à 6 mois [63].

Dans toutes les études les participants ont été traités et évalués pendant la phase ON de la maladie, entre 1h et 3h après la dernière prise de médicament.

### 3.1.3.3 Les critères de jugement

Toutes les études ont pour critère de jugement principal la marche. Quatre études utilisent le TM6 et le TM10 pour évaluer cette dernière [63][64][65][68]. Parmi ces quatre études, deux d'entre elles analysent également les paramètres spatiotemporels de la marche avec le système GAITrite [64][65]. Les deux études restantes utilisent l'analyse 3D de la marche pour une évaluation instrumentale des paramètres spatiotemporels de la marche [66][67].

Pour les critères de jugement secondaires, le critère relatif à l'invalidité globale de la maladie (UPDRS) se retrouvent dans trois études [64][65][68]. La PFS est retrouvée dans deux articles [64][65]. Le critère relatif à l'équilibre (BBS) est présent seulement dans l'étude de Picelli 2013. De même, le FOG-Q et la PDQ-39 sont retrouvés seulement dans l'étude de Capecchi 2019.

## 3.2 Risque de biais des études incluses

### 3.2.1 Grille d'analyse utilisée

Tous les essais cliniques ont été évalués par la grille d'évaluation PEDro (cf. annexe 2) afin de qualifier leur qualité méthodologique et d'étudier leur risque de biais.

La synthèse de la qualité méthodologique est résumée dans le tableau ci-dessous, regroupant l'ensemble des études.

**Tableau 7 :** Score PEDro des essais cliniques randomisés inclus.

	Critères											Score total PEDro
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
<b>Carda &amp; al., 2012</b>	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	<b>8</b>
<b>Picelli &amp; al., 2012</b>	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✓	✓	<b>6</b>
<b>Picelli &amp; al., 2013</b>	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	<b>7</b>
<b>Sale et al., 2013</b>	✗	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	<b>8</b>
<b>Galli et al., 2016</b>	✗	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	<b>8</b>
<b>Capecchi et al., 2019</b>	✗	✓	✗	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✓	✓	<b>6</b>

Chaque item est noté présent « ✓ » ou absent « ✗ » qui valent respectivement 1 et 0 point. Plus le score total est élevé, plus la qualité méthodologique de l'article l'est aussi.

Aucune étude ne dépasse le score PEDro de 8, du fait du domaine de pratique de la physiothérapie étudié. En effet, la nature de l'intervention ne permet pas la mise en aveugle des participants et des cliniciens [25].

La moyenne du score PEDro de l'ensemble des études incluses est de 7,17.

### 3.2.2 Synthèse des biais retrouvés

L'échelle PEDro est utilisée pour évaluer les risques de biais. Chaque critère est lié à un biais, ainsi les biais retrouvés sont différents en fonction des items absents notés « ✗ ». Plus les items sont absents d'une catégorie de biais, plus le risque de biais est élevé. Inversement, plus le score PEDro est élevé, plus le risque de biais diminue.

#### ❖ Biais de sélection :

Cette catégorie de biais concerne les items 2 (répartition aléatoire), 3 (assignation secrète) et 4 (similarité intergroupe au début de l'étude).

Tous les essais ont été randomisés et ne présentent pas d'hétérogénéité au début de l'études. Les études de Picelli 2012, de Picelli 2013 et de Capecchi 2019 ne respectent pas le critère d'assignation secrète et comportent donc un biais de sélection.

#### ❖ Biais d'évaluation :

Cette catégorie de biais concerne les items 5, 6 et 7 qui correspondent respectivement à la mise en aveugle des participants, intervenants et évaluateurs. L'ensemble des essais cliniques sont en simple aveugle, les évaluateurs étant mis en aveugle. Cependant ils ne répondent pas aux critères 5 et 6, les patients et les cliniciens ne pouvant être dans l'ignorance du groupe auquel ils appartiennent.

L'ensemble des études présentent alors un risque de biais d'évaluation élevé.

#### ❖ Biais de suivi :

Ce biais concerne l'item 8, correspondant à la notion de « perdus de vue ». En effet les mesures doivent être prises pour au moins 85% des participants pour au minimum un critère de jugement. Plus l'effectif est important, plus les résultats seront précis. Ainsi l'absence de cet item entraîne un biais dans la précision et la validité des résultats de l'étude.

L'ensemble des études répondent à ce critère et ne présentent pas de biais de suivi.

❖ Biais d'attrition :

Ce biais concerne l'item 9 qui correspond à l'analyse en intention de traiter. C'est-à-dire que tous les patients ont reçu l'intervention de leur groupe ou si cela n'a pas été le cas, l'analyse a été réalisée comme si les patients avaient reçu le traitement qu'il leur avait été assigné.

L'étude de Picelli 2012 et de Capecci 2019 n'ont pas réalisé d'analyse en intention de traiter et présente donc un risque de biais d'attrition.

❖ Biais d'interprétation :

Ce biais concerne les items 10 et 11 qui correspondent aux informations statistiques permettant l'interprétation des résultats (comparaison statistique intergroupe et mesures de dispersion).

L'ensemble des essais cliniques présentent ces critères et ne comportent donc pas de risque de biais d'interprétation.

❖ Validité externe :

Elle concerne l'item 1 qui correspond « à la « généralisabilité » et à la « l'applicabilité » de l'essai » [54]. Les études de Sale 2013, de Galli 2016 et de Capecci 2019 n'ont pas décrit la source de recrutement des participants, ce qui ne permet pas de savoir si leurs résultats peuvent être utilisés en pratique clinique.

Tableau 8 : Récapitulatif des biais par étude.

	Validité externe	Biais de sélection	Biais d'évaluation	Biais de suivi	Biais d'attrition	Biais d'interprétation
Carda & al, 2012			X			
Picelli & al, 2012		X	X		X	
Picelli & al, 2013		X	X			
Sale & al, 2013	X		X			
Galli & al, 2016	X		X			
Capecci & al, 2019	X	X	X		X	

### 3.3 Effet de l'intervention

Les essais cliniques randomisés ont tous étudié l'effet de la RAGT sur le critère de jugement principal, qui est la marche. L'effet de la RAGT est aussi évalué sur d'autres critères tels que l'invalidité globale de la maladie, la fatigue, l'équilibre, le freezing à la marche et la qualité de vie.

Une synthèse des résultats sous forme de tableau a été réalisée (cf. annexe 4).

### 3.3.1 Critère de jugement principal : la marche

#### 3.3.1.1 RAGT vs rééducation de la marche par exercices PNF non intensifs

L'étude de Picelli 2012 et l'étude de Picelli 2013 étudient l'effet de la RAGT sur la marche en comparaison à des exercices PNF non intensifs. Ces deux études utilisent le dispositif robotique Gait Trainer 1 (GT1) dans le groupe expérimental qui pratique la RAGT.

Dans un premier temps, les résultats concernant l'effet de l'intervention intragroupe sont présentés.

Concernant le TM6 et TM10, les deux articles démontrent une amélioration des scores dans le groupe expérimental. En effet, après le traitement (T1) le score du TM6 a augmenté de **45,84±26,49 mètres** ( $p<0,001$ ) dans l'étude de Picelli 2012 et de **+84,75 mètres** dans l'étude de Picelli 2013. Le score du TM10m a augmenté de **0,12±0,09 mètre/seconde** dans l'étude de Picelli 2012 et de **+0,28 m/s** dans l'étude de Picelli 2013.

Concernant les paramètres spatiotemporels de la marche, analysés par le système GAITrite, les deux études démontrent une augmentation de la longueur de foulée, de la cadence et du ratio entre la phase simple appui/double appui pour le groupe expérimental. Ces augmentations sont significatives dans l'étude de Picelli 2012 tandis que la significativité statistique des améliorations n'est pas précisée dans l'étude de Picelli 2013.

L'ensemble de ces améliorations sont persistantes dans le temps cependant l'étude de Picelli 2013 montre une diminution du score du TM6 de -11,25 mètres, à l'évaluation de 3 mois de suivi par rapport à l'évaluation T1.

Aucune amélioration significative n'est observée chez les participants du groupe de rééducation à la marche par exercices PNF.

Dans un second temps, les résultats concernant l'effet de l'intervention intergroupe sont présentés.

Dans les deux études, la différence entre le groupe expérimental et le groupe contrôle est significative pour le TM6 ( **$p<0,001$**  à T1 et à 1 mois post-traitement dans l'étude de Picelli 2012 ;  **$p=0,021$**  dans l'étude de Picelli 2013), le TM10m ( **$p=0,035$**  à T1,  **$p=0,032$**  à 1 mois post-traitement dans l'essai Picelli 2012 ;  **$p=0,003$**  dans l'essai Picelli 2013), la longueur de foulée ( **$p=0,031$**  à T1,  **$p=0,034$**  à 1 mois post-traitement dans l'étude de Picelli 2012 ;  **$p<0,001$**  dans l'étude de Picelli 2013). Concernant le ratio phase simple appui/double appui et la cadence, la différence intergroupe n'est pas significative sauf dans l'étude de Picelli 2012 pour le ratio simple appui/double appui ( **$p=0,009$**  à T1,  **$p=0,004$**  à 1 mois post-traitement).

Pour affirmer que les différences démontrées sont dues à la RAGT et qu'elles sont importantes, la taille de l'effet du traitement pour chaque critère relatif à la marche est calculée. Ces tailles de l'effet ont été calculées en considérant que les variables suivaient une loi normale.

**Tableau 9 :** les tailles de l'effet de la RAGT comparée à des exercices PNF et leur intervalle de confiance sur les mesures du critère de jugement principal.

		TM6	TM10m	Longueur de foulée	Cadence	Ratio phase simple/double appui
<b>Picelli 2012</b>	A la fin du traitement	46,45 [29,15 ; 63,75] <sup>4</sup>	0,12 [0,06 ; 0,18]	5,4 [0,55 ; 10,25]	4,56 [-2,62 ; 11,74]	0,21 [0,05 ; 0,37]
	A 1 mois de suivi	44,5 [24,67 ; 64,33]	0,14 [0,09 ; 0,19]	6,19 [0,51 ; 11,87]	6,57 [-0,29 ; 13,43]	0,3 [0,13 ; 0,47]
<b>Picelli 2013</b>	A la fin du traitement	80,25 [45,06 ; 115,44]	0,24 [0,15 ; 0,33]	9,25 [6,79 ; 11,71]	3,27 [-3,48 ; 10,02]	0,27 [-0,03 ; 0,57]
	A 3 mois de suivi	73,85 [37,45 ; 110,25]	0,24 [0,15 ; 0,33]	9,47 [6,41 ; 12,53]	4,59 [-2,60 ; 11,78]	0,31 [0,01 ; 0,61]

D'après les résultats de ces deux études, il est démontré une efficacité de la RAGT supérieure au groupe contrôle qui a réalisé des exercices PNF. Les effets sont maintenus dans le temps. Cependant ces derniers résultats sont à prendre avec précaution parce que les différences intergroupes entre le groupe expérimental et le groupe contrôle ne sont pas significatives.

### 3.3.1.2 RAGT vs entraînement à la marche sur tapis-roulant

Cinq études étudient l'effet de la RAGT sur la marche en comparaison à un entraînement à la marche sur tapis-roulant. Pour le groupe expérimental qui pratique la RAGT, les études utilisent le Lokomat [63], le Gait Trainer 1 [65] et le robot G-EO [66][67][68].

Dans un premier temps, les résultats concernant l'effet de l'intervention intragroupe sont présentés.

Concernant les résultats du TM6 à la fin du traitement, l'étude de Capecchi 2019 démontre une amélioration du score plus importante dans le groupe contrôle (**+46,8 mètres**) que dans le groupe expérimental (**+18,1 m**) tandis que l'étude Carda 2012 et de Picelli 2013 montrent une amélioration plus importante dans le groupe expérimental (respectivement **+42,54 m**,  $p < 0,05$  ; **+84,75m**) que dans le groupe contrôle (respectivement **+37,87 m**,  $p < 0,05$  ; **+80,05m**). Concernant les résultats du TM10m à la fin du traitement, trois études [63][65][68] démontrent une amélioration intragroupe non significative du score dans le groupe expérimental et le groupe contrôle, à l'exception du groupe contrôle de l'étude de Carda 2012 dont l'amélioration du score est significative (**-0,8 secondes**,  $p < 0,001$ ).

A la fin de l'intervention, il est démontré une amélioration intragroupe du score au TUG plus importante dans le groupe contrôle (**-0,91 secondes**,  $p < 0,01$  dans l'étude de Carda 2012 ; **-3,2 sec** dans l'étude de Capecchi 2019) que dans le groupe expérimental (**-0,58 sec**,  $p < 0,05$  dans l'étude de Carda 2012 ; **-1.5 sec** dans l'étude de Capecchi 2019). Cette amélioration est également plus précoce et persistante dans le temps dans le groupe contrôle.

<sup>4</sup> Intervalle de confiance à 95% de X [Y ; Z], qui permet d'affirmer que la valeur X a 95% de chance d'être comprise entre la valeur Y et la valeur Z lors de l'application du traitement à une population plus importante. Plus cet intervalle de confiance est étroit plus le résultat sur l'échantillon sera proche du résultat sur la population générale atteinte de la MPI.

Les paramètres spatiotemporels de la marche sont analysés par le système GAITrite [65] et par analyse 3D de la marche [66][67]. A la fin du traitement, la longueur d'enjambée et la longueur de pas du groupe expérimental sont améliorées de manière plus importante et significative que dans le groupe contrôle [65][66], à l'exception du groupe contrôle de l'étude de Galli 2016 dont l'amélioration de la longueur de pas est plus importante que celle du groupe expérimental.

Deux études montrent une amélioration intragroupe non significative de la cadence, plus importante dans le groupe expérimental que dans le groupe contrôle [66][67]. Tandis qu'une étude démontre une amélioration de la cadence plus importante dans le groupe contrôle que dans le groupe expérimental à la fin des 4 semaines d'intervention [65].

Les participants du groupe expérimental ont montré une amélioration plus importante du ratio de la durée simple appui/double appui que le groupe contrôle, bien qu'elle soit non significative [65][66].

L'étude de Sale 2013 et de Galli 2016 démontrent une augmentation de la vitesse moyenne de marche plus importante et significative dans le groupe expérimental (respectivement **+0,1844 m/s, p=0,0195** et **+0,12 m/s, p<0,05**) que dans le groupe contrôle (respectivement **+0,1311 m/s, p=0,1016** et **+0,09m/s, p>0,05**), après 4 semaines d'intervention.

Les améliorations de l'ensemble des mesures sont significatives et persistantes dans le temps. A l'exception du score au TM6 dont une diminution est démontrée dans l'étude de Carda 2012 (**-16,59m** entre le 3<sup>ème</sup> mois et 6<sup>ème</sup> mois post-intervention) et de Picelli 2013 (**-11,25m** entre la fin du traitement et le 3<sup>ème</sup> mois post-intervention).

Dans un second temps, les résultats concernant l'effet de l'intervention intergroupe sont présentés.

Seule l'étude de Galli 2016 démontre une différence significative entre le groupe expérimental et le groupe contrôle pour la vitesse moyenne de marche, la cadence et la longueur de pas. Dans les quatre autres études [63][65][66][68], les différences intergroupes ne sont pas statistiquement significatives, ce qui remet alors en cause l'éventuel effet rémanent qu'elles évaluent.

Pour affirmer que les différences démontrées sont dues à la RAGT et qu'elles sont importantes, la taille de l'effet du traitement pour chaque critère relatif à la marche est calculée (cf. tableau 10). Les études de Sale 2013 et de Capecci 2019 mentionnent que les variables suivent une loi normale, ce qui permet le calcul des tailles de l'effet. Pour l'étude de Picelli 2013, qui ne précise pas la normalité de la distribution des variables, les tailles de l'effet ont donc été calculées en considérant que les variables suivaient une loi normale.

Les variables de l'étude de Galli 2016 ne suivent pas une loi normale. Par conséquent les résultats sont décrits en médiane et ne permettent pas le calcul des tailles de l'effet. Cependant, il peut être relevé que les chiffres montrent une tendance à un effet positif sur la cadence et sur la vitesse moyenne mais pas sur la longueur de pas.

De manière générale la RAGT n'a pas d'effet supérieur à l'entraînement sur tapis-roulant pour l'ensemble des mesures. Seule l'étude de Picelli 2013 démontre une taille de l'effet favorable à l'utilisation de la RAGT pour une majorité des mesures de la marche qu'elle étudie.

En ce qui concerne le périmètre de marche et l'endurance, sur les trois études évaluant la marche avec le **TM6** [63][65][68], seule l'étude de Picelli 2013 démontre une taille de l'effet en faveur de la RAGT.

En ce qui concerne le **TM10** :

- Une étude ne démontre pas de taille de l'effet en faveur de l'une des interventions [68].
- Un essai clinique montre une taille de l'effet en faveur de la RAGT [65].
- Un article a, au contraire, une taille de l'effet en faveur de l'entraînement à la marche sur tapis-roulant [63].

Concernant le TUG, deux études montrent que la RAGT n'a pas une taille de l'effet favorable à son utilisation [63][68]. L'étude de Picelli 2013 démontre une taille de l'effet favorable à la RAGT pour la longueur de foulée et le ratio simple appui/double appui. Cependant, cette étude de Picelli 2013 a une taille de l'effet non favorable à la RAGT pour la cadence, tandis que l'étude de Sale 2013 démontre le contraire en plus d'une taille de l'effet en faveur de la RAGT sur la vitesse moyenne de marche.

Néanmoins, ces résultats sont à prendre avec précautions parce que les différences intergroupes ne sont pas significatives.



**Tableau 10 :** les tailles de l'effet de la RAGT comparé l'entraînement à la marche sur tapis-roulant et leur intervalle de confiance sur le critère de jugement principal.

		<b>TM6 (m)</b>	<b>TM10m (s) (m/s)</b>	<b>TUG (s)</b>	<b>Longueur de foulée (cm)</b>	<b>Longueur de pas (cm)</b>	<b>Cadence (cycle/min) (pas/min)</b>	<b>Ratio simple appui/double appui<sup>5</sup></b>	<b>Vitesse moyenne (m/s)</b>
<b>Carda 2012</b>	<i>A la fin du traitement</i>	-7,6 [-38,87 ; 23,67]	0,24 [-0,26 ; 0,74]	-0,13 [-0,71 ; 0,45]	N.E <sup>6</sup>	N.E	N.E	N.E	N.E
	<i>A 3 mois de suivi</i>	2,03 [-26,53 ; 30,59]	0,21 [-0,25 ; 0,67]	0,38 [-0,08 ; 0,84]	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	<i>A 6 mois de suivi</i>	-32,35 [-63,68 ; -1,02]	0,05 [-0,38 ; 0,48]	0,22 [-0,30 ; 0,74]	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
<b>Picelli 2013</b>	<i>A la fin du traitement</i>	10,05 [-27,39 ; 47,49]	0,08 [0,00 ; 0,16]	N.E	5,22 [3,31 ; 7,13]	N.E	-2,13 [-4,60 ; 0,34]	0,01 [-0,20 ; 0,22]	N.E
	<i>A 3 mois de suivi</i>	3,3 [-34,95 ; 41,55]	0,07 [-0,02 ; 0,16]	N.E	3,22 [-0,04 ; 6,48]	N.E	-1,97 [-4,64 ; 0,70]	0,05 [-0,23 ; 0,33]	N.E
<b>Sale 2013</b>	<i>A la fin du traitement</i>	N.E	N.E	N.E	Gauche : -6,11 [-27,629 ; 15,409] Droite : -9,3 [-28,219 ; 9,619]	Gauche : -2,28 [-12,390 ; 7,830] Droite : 7,3 [-8,648 ; 10,108]	12,19 [-1,23 ; 25,61]	Gauche : -1,37 [-5,55 ; 2,81] Droite : 2,2 [-1,56 ; 5,96]	0,0622 [-0,16 ; 0,29]
<b>Galli 2016</b>	<i>A la fin du traitement</i>	N.E	N.E	N.E	N.E	N.A <sup>7</sup>	N.A	N.E	N.A
<b>Capecchi 2019</b>	<i>A la fin du traitement</i>	-28,6 [-57,13 ; -0,07]	0 [-0,08 ; 0,08]	1,7 [-0,25 ; 3,65]	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E

<sup>5</sup> L'étude de Sale 2013 présente le pourcentage de double appui dans une foulée et non le ratio simple appui/double appui.

<sup>6</sup> N.E = Non étudié.

<sup>7</sup> N.A = Non applicable, les résultats de l'étude étant des médianes et non des moyennes.

### 3.3.2 Critères de jugement secondaires

#### ❖ UPDRS :

La mesure du score total de l'UPDRS permet d'évaluer l'invalidité globale de la maladie et permet alors de suivre le parcours longitudinal de la MPI.

L'étude de Picelli 2013 et de Capecci 2019 ont montré une amélioration plus importante, à la fin des quatre semaines d'intervention, dans le groupe expérimental (respectivement **-5,75 points** et **-13,5 points**) que dans le groupe contrôle qui a pratiqué l'entraînement à la marche sur tapis-roulant (respectivement **-3,84 points** et **-7,2 points**). Les participants du groupe contrôle qui ont réalisé des exercices PNF n'ont pas montré de diminution de ce score [64][65]. L'étude de Picelli 2012 et de Picelli 2013 démontrent que la diminution du score total de l'UPDRS est persistante dans le temps.

La différence intergroupe est statistiquement significative entre le groupe expérimental et le groupe d'exercices PNF non intensifs [64][65]. L'étude de Capecci 2019 démontre également une différence significative entre le groupe expérimental et le groupe d'entraînement à la marche sur tapis-roulant.

Pour affirmer que les différences démontrées sont dues à la RAGT et qu'elles sont importantes, la taille de l'effet du traitement sur l'UPDRS est calculée (Cf. annexe 5). Cette taille de l'effet est en faveur de l'utilisation de la RAGT pour améliorer le résultat du score total UPDRS, dans les trois essais qui l'évaluent [64][65][68].

#### ❖ PFS :

La Parkinson's Fatigue Scale permet d'évaluer la fatigue du sujet Parkinsonien. L'étude de Picelli 2012 et de Picelli 2013 démontrent une amélioration du score de cette échelle dans le groupe de la RAGT (respectivement **-9,97 points**,  $p=0,001$  et **-9,8 points**). L'amélioration de cette échelle est moins importante dans le groupe d'entraînement à la marche sur tapis-roulant et est nulle dans le groupe d'exercices PNF. Cette amélioration du score de la PFS est maintenue dans le temps.

La différence est significative entre le groupe expérimental et le groupe d'exercices PNF ( $p \leq 0,001$ ). Cependant la différence n'est statistiquement pas significative entre le groupe expérimental et le groupe d'entraînement la marche sur tapis-roulant.

Pour affirmer que les différences démontrées sont dues à la RAGT et qu'elles sont importantes, la taille de l'effet du traitement sur la PFS est calculée (Cf. annexe 5). Dans les deux études, la taille de l'effet est en faveur de l'utilisation de la RAGT pour améliorer la fatigue chez le sujet Parkinsonien [64][65].

#### ❖ BBS :

Seule l'étude de Picelli 2013 utilise la Berg Balance Scale, qui évalue l'équilibre des participants. Il est démontré dans cette étude une amélioration du score dans le groupe expérimental (**+5,25 points**) plus importante que dans le groupe d'entraînement à la marche sur tapis-roulant (**+3,6 points**). Les participants du groupe d'exercices PNF n'ont montré aucune amélioration. Cette amélioration du score de la BBS est maintenue dans le temps.

La différence entre le groupe expérimental et les deux groupes contrôles est statistiquement significative.

Pour affirmer que les différences démontrées sont dues à la RAGT et qu'elles sont importantes, la taille de l'effet du traitement sur la BBS est calculée (Cf. annexe 5). La taille de l'effet est en faveur de la RAGT pour améliorer le score de la BBS.

❖ **FOG-Q :**

Seule l'étude de Capecci 2019 utilise le Freezing Of Gait Questionnaire pour d'évaluer le freezing à la marche. Cette étude montre une amélioration plus importante dans le groupe expérimental (**-3,1 points**) que dans le groupe d'entraînement à la marche sur tapis-roulant (**-1,6 points**).

La différence intergroupe est statistiquement significative (**p=0,03**).

Pour affirmer que les différences démontrées sont dues à la RAGT et qu'elles sont importantes, la taille de l'effet du traitement sur le FOG-Q est calculée (Cf. annexe 5). La taille de l'effet est en faveur de l'utilisation de la RAGT pour améliorer le score du FOG-Q et ainsi améliorer le freezing à la marche.

❖ **PDQ-39 :**

Seule l'étude de Capecci 2019 évalue la qualité de vie du sujet Parkinsonien avec la Parkinson's Disease Quality of life scale-39. Cette étude démontre que le groupe d'entraînement à la marche sur tapis-roulant a une amélioration du résultat de cette échelle plus importante que le groupe de la RAGT (respectivement **-9,3 points** et **-6,2 points**). Cependant la différence entre les deux groupes n'est statistiquement pas significative (**p=0,2**).

Pour affirmer que les différences démontrées sont dues à l'intervention contrôle et qu'elles sont importantes, la taille de l'effet du traitement sur la PDQ-39 est calculée (Cf. annexe 5). La taille de l'effet n'est pas en faveur de la RAGT pour l'amélioration de la qualité de vie du sujet Parkinsonien.

## 4. Discussion

### 4.1 Analyse des principaux résultats

En réunissant toutes les études, il a été relevé une hétérogénéité sur plusieurs modalités :

- La taille d'échantillon est variable d'une étude à l'autre. De plus, cette taille d'échantillon est faible pour chaque étude avec un nombre maximal de 60 participants [65]. Cette faible taille d'échantillon dans l'ensemble des articles inclus peut influencer sur la taille ainsi que la certitude de l'effet.
- Les études n'utilisent pas toutes le même appareil de RAGT. Les différents dispositifs ont des propriétés et des réglages différents, ce qui pourraient influencer sur les résultats.
- Même si les programmes de toutes les études durent 4 semaines, ils ont des conditions périodiques différentes. En effet les essais présentent une hétérogénéité dans le nombre total de séances ainsi que dans la fréquence de séance par semaine. A l'exception de l'étude de Carda 2012, la durée d'une séance est de 45 minutes pour l'ensemble des études.
- Les essais n'ont pas tous les mêmes points temporels d'évaluation. En effet, à part l'essai Carda 2012, les études présentent des évaluations de suivi trop proches de l'intervention voire une absence de suivi. Par conséquent, il faudrait plus d'études avec

un suivi sur plusieurs mois pour pouvoir déterminer avec précision l'effet sur le long terme.

#### 4.1.1 Résultats relatifs aux critères de jugements principaux

L'analyse groupée des résultats montre une amélioration significative en faveur de la RAGT pour l'ensemble des mesures en comparaison avec la rééducation à la marche par exercices PNF non intensifs. Cependant les résultats sont plus hétérogènes lorsqu'il s'agit des comparaisons intergroupes, entre la RAGT et l'entraînement à la marche sur tapis-roulant.

##### ❖ L'endurance :

La distance de marche parcourue en six minutes est augmentée après la RAGT pour l'ensemble des quatre articles ayant mesurée l'endurance avec le TM6 [63][64][65][68]. Cependant l'amélioration du score au TM6 dépasse le changement minimal détectable de 82 mètres (MDC) [14], seulement dans l'étude de Picelli 2013. Cela signifie que dans l'étude de Carda 2012, de Picelli 2012 et de Capecci 2019, le TM6 ne détecte pas de changement notable de capacité étant donné que les améliorations observées ne dépassent pas le MDC.

Deux études montrent que l'effet de la RAGT ne perdure pas dans le temps avec une diminution de la distance parcourue à 3 mois post- intervention [65] et à 6 mois post-intervention [63], bien qu'elle reste supérieure à celle antérieure au traitement. Ce constat pourrait soutenir certains auteurs qui suggèrent un traitement chronique pour traiter les pathologies chroniques [69].

Cette diminution de la distance parcourue au TM6, plus précoce dans l'étude de Picelli 2013 que dans l'étude de Carda 2012, peut être expliquée par la divergence du protocole. En effet, dans l'essai Carda 2012 le protocole n'aménage pas de temps de repos et la vitesse finale d'entraînement à la marche est de 3 km/h tandis que l'essai Picelli 2013 aménage des temps de repos de 5 minutes et la vitesse de marche maximale est de 2 km/h.

Il est important de relever que les différences de résultat entre le groupe de la RAGT et le groupe d'entraînement à la marche sur tapis-roulant ne **sont statistiquement pas significatives**, ce qui rend les résultats non interprétables puisqu'il est possible qu'ils soient dus au hasard. Cela ne permet donc pas d'affirmer que l'effet est en faveur de la RAGT en comparaison avec l'entraînement sur tapis de marche [63][65][68].

Les différences entre le groupe de la RAGT et le groupe d'exercices PNF sont **statistiquement significatives** [64][65]. Les tailles de l'effet sont importantes avec un intervalle de confiance à 95% (IC 95%) permettant d'affirmer **l'effet bénéfique** de la RAGT. L'intervalle de confiance de l'étude de Picelli 2012 est plus étroit, ce qui permet de donner une estimation plus précise du résultat dans la vie réelle. Cependant la taille de l'effet de l'essai Picelli 2012 est plus faible que celle de l'essai Picelli 2013. Cette différence peut être due à la divergence du protocole d'entraînement. En effet dans l'essai Picelli 2012 les patients sont entraînés jusqu'à une vitesse de 1,6 km/h, tandis que dans l'essai Picelli 2013 la vitesse de marche atteint les 2 km/h permettant ainsi un travail d'intensité supérieure.

##### ❖ La vitesse de marche :

La vitesse de marche peut être améliorée par augmentation de la cadence et/ou de la longueur d'enjambée [64].

La RAGT permet une augmentation de la vitesse de marche pour l'ensemble des quatre articles l'ayant mesurée avec le TM10 [63][64][65][68]. L'étude de Carda 2012 donne les résultats en secondes et non en mètre/seconde ce qui ne permet pas de les confronter à ceux des autres études.

Seules les différences entre le groupe de la RAGT et le groupe d'entraînement à la marche par exercices PNF sont **statistiquement significatives** [64][65]. Les tailles de l'effet et leur IC 95% permettent d'affirmer **l'effet bénéfique** de la RAGT par rapport à l'approche PNF. Dans l'étude de Picelli 2012, la taille de l'effet est plus faible que dans l'étude de Picelli 2013. Cette différence peut être causée par la divergence du protocole d'entraînement avec une vitesse maximale d'entraînement de 1,6 km/h dans l'essai Picelli 2012 et de 2 km/h dans l'essai Picelli 2013.

Lorsque la RAGT est comparée à l'entraînement sur tapis de marche [63][65][68], les tailles de l'effet ne permettent pas d'affirmer avec certitude l'effet de la RAGT puisque les IC 95% passent par la valeur 0. Cela signifie que **l'effet peut être aussi bien bénéfique qu'inutile** par rapport à l'entraînement à la marche sur tapis-roulant. Cette incertitude sur l'effet de la RAGT est soutenue par **l'absence de significativité statistique** dans les différences de résultats entre les deux groupes, rendant alors ces résultats ininterprétables puisqu'il est possible qu'ils soient dus en partie voire totalement au hasard.

Deux études évaluent également la vitesse moyenne de marche avec l'analyse 3D de la marche [66][67]. Dans ces deux essais, la RAGT permet une augmentation significative de la vitesse de marche et les différences des résultats entre la RAGT et l'entraînement à la marche sur tapis-roulant sont suffisantes pour être significatives. Dans l'étude de Sale 2013 la **taille de l'effet est en faveur de la RAGT**, cependant son IC 95% passe par la valeur 0 ce qui signifie qu'en réalité l'effet peut être aussi bien bénéfique qu'inutile par rapport à l'entraînement à la marche sur tapis-roulant. De plus, le nombre de patients étudiés dans cette étude est faible (n=20) ce qui ne permet pas aux résultats d'être utilisés pour confirmer quelque hypothèse.

Les résultats de l'étude de Galli 2016 ne permettent pas le calcul de la taille de l'effet et son IC 95%. Il n'est donc pas possible de pas de juger l'efficacité de la RAGT par rapport au tapis-roulant sur la vitesse de marche.

#### ❖ **Le Time Up and Go test :**

Ce test permet d'évaluer la marche, les transferts et les changements de direction dans deux essais cliniques randomisés [63][68]. La RAGT permet de diminuer le temps de réalisation de ces tâches par rapport au début des études. Cependant, les tailles de l'effet ne démontrent pas un effet bénéfique de la RAGT par rapport à l'entraînement sur tapis de marche. Néanmoins, cette interprétation doit être prise avec précaution puisqu'elle est fondée sur une différence de résultat non significative entre la RAGT et l'entraînement à la marche sur tapis-roulant, rendant les résultats non-interprétables.

De plus ces essais comportent des biais qui doivent amener à interpréter leurs résultats avec précaution. L'essai Carda 2012 étudie un faible nombre de patients (n=30), atteints de la MPI seulement au stade précoce. Le groupe en tapis-roulant était entraîné à une vitesse adaptée à la tolérance du patient et pouvait atteindre une vitesse de marche supérieure à celle de la RAGT. En effet le lokomat limite la vitesse d'entraînement à 3 km/h. Les patients présentant le moins d'handicap sont donc entraînés sous le seuil de leur capacité maximale, ce qui peut masquer l'effet bénéfique de la RAGT. De plus, l'essai de Carda 2012 ne contrôle pas l'activité

physique réalisée par les patients après les 1 mois d'intervention, que qui peut biaiser les résultats des évaluations post-traitement.

L'étude de Capecci 2019 ne réalise pas de suivi sur le moyen ou long terme et présente un biais d'attrition car elle ne fait pas d'analyse en intention de traiter. Cela signifie que l'analyse des données et des résultats n'est pas réalisée sur la totalité des participants admis.

#### ❖ Longueur d'enjambée et longueur de pas :

Ces mesures sont importantes puisqu'elles influencent la vitesse de marche qui correspond à la longueur d'enjambée multipliée par la cadence.

Quatre essais évaluent la longueur de foulée et/ou la longueur de pas [64][65][66][67]. La RAGT permet une augmentation significative de la longueur de pas et de foulée par rapport au début des études.

Parmi les trois articles comparant la RAGT à l'entraînement à la marche sur tapis-roulant, deux articles ne trouvent **pas de différences significatives** des résultats entre ces deux entraînements [65][66], rendant alors ces résultats ininterprétables et ne permettant pas d'affirmer l'effet de la RAGT en comparaison avec l'entraînement sur tapis de marche. L'étude de Galli 2016 trouve une **différence significative** entre ces deux entraînements cependant les résultats exprimés en médiane ne permettent pas le calcul de la taille d'effet et son IC 95%, rendant impossible l'affirmation de l'effet de la RAGT sur la longueur de pas.

Les deux études qui comparent la RAGT et l'entraînement à la marche par approche PNF trouvent des **différences significatives** dans les résultats entre ces deux groupes [64][65]. La taille de l'effet de l'essai Picelli 2013 est importante avec un IC 95% permettant d'affirmer que la RAGT a un **effet bénéfique**. La taille de l'effet de l'étude de Picelli 2012 est plus faible avec un IC 95% proche de zéro, ce qui ne permet pas d'affirmer avec certitude de l'utilité de la RAGT par rapport à la PNF. Comme pour le TM6 et le TUG, cette différence de résultat entre ces deux essais peut être causée par la vitesse d'entraînement à la marche plus élevée dans l'essai Picelli 2013, permettant ainsi un travail avec une intensité supérieure.

#### ❖ La cadence :

La RAGT permet une amélioration de la cadence pour l'ensemble des quatre articles l'ayant mesurée [64][65][66][67]. Parmi ces quatre études, trois essais ne trouvent **pas de différence significative** entre la RAGT et l'entraînement à la marche sur tapis-roulant et/ou par approche PNF [64][65][66], ce qui signifie que les résultats sont peut-être dus au hasard. De plus, les IC 95% sont larges et passent par la valeur 0 donc les résultats sont peu précis et sont éloignés des résultats qui pourraient être retrouvés sur un échantillon plus grand.

L'étude de Galli 2016 trouve une **différence significative** entre la RAGT et l'entraînement à la marche sur tapis-roulant, avec une amélioration significative de la cadence dans le groupe de la RAGT mais non significative dans le groupe d'entraînement sur tapis de marche. Les résultats de cette étude sont donnés en médiane ce qui ne permet pas le calcul de la taille de l'effet et son IC 95%, ne permettant pas d'affirmer la supériorité de la RAGT par rapport au tapis-roulant.

Il est pertinent de rappeler que l'augmentation de la cadence n'est pas un critère permettant d'objectiver l'amélioration de la marche chez le sujet parkinsonien. En effet la cadence a plutôt tendance à être augmentée dans la MPI afin de compenser la diminution de la longueur de pas et de la vitesse de marche, ce qui est à l'origine de la festination. Il est donc plus

intéressant que l'augmentation de la vitesse de marche soit accompagnée par au moins l'augmentation de la longueur de pas/d'enjambée et pas seulement par la hausse de la cadence, ce qui est le cas pour toutes les études qui observent une amélioration de la vitesse de marche.

❖ **Ratio entre la durée de la phase simple appui / durée de la phase de double appui :**

Deux études présentent ce ratio [64][65] et une étude présente ce paramètre spatiotemporel sous forme du pourcentage de la phase de double appui lors d'une foulée [66].

Dans ces trois études, la RAGT permet une augmentation de la phase de simple appui et une diminution de la phase double appui, ce qui signifie que les patients ont eu plus de facilité à maintenir un équilibre monopodal pendant la marche. Cela peut être expliqué par le fait que la RAGT permet un équilibre constant d'une jambe à l'autre pendant l'entraînement [70]. Cependant seule l'étude de Picelli 2012 trouve une **différence statistiquement significative** entre la RAGT et l'approche PNF. Les tailles de l'effet et leur IC 95% permettent d'affirmer **l'effet bénéfique** de la RAGT.

Dans deux articles, les différences dans les résultats entre la RAGT et l'intervention contrôle ne sont pas significatives ce qui signifie que les résultats peuvent être dus partiellement ou totalement au hasard [65][66]. De plus, même si les tailles de l'effet sont en faveur de la RAGT, ces dernières ne sont pas interprétables, étant biaisées par l'hétérogénéité des moyennes au début de l'intervention. Les IC 95% ne permettent également pas d'affirmer l'effet de la RAGT.

De manière globale, les différences entre la RAGT et les interventions contrôles sont significatives lorsque la RAGT est comparée à l'entraînement à la marche par exercices PNF, dans l'essai Picelli 2012 et Picelli 2013. Leurs résultats permettent d'affirmer **l'effet bénéfique** de la RAGT par rapport aux exercices PNF pour améliorer **l'endurance, la vitesse de marche, la longueur d'enjambée ou de pas, le ratio phase simple appui/double appui**. Cependant il est important de notifier que ces deux études [64][65] comportent des biais qui imposent une interprétation prudente des résultats. En effet ces essais réalisent l'intervention et les évaluations pendant la phase « ON », ce qui ne permet pas de conclure sur la contribution de la RAGT lorsque les patients ne sont pas sous influence médicamenteuse. De plus, le groupe de la RAGT et le groupe d'exercice PNF ne sont pas entraînés à la même intensité de travail. L'étude de Picelli 2012 ne réalise pas de suivi après 1 mois post-traitement et présente un biais d'attrition car elle ne fait pas d'analyse en intention de traiter. Cela signifie que l'analyse des données et des résultats n'est pas réalisée sur la totalité des participants admis.

L'étude de Picelli 2012 et de Picelli 2013 sont également les seules études à utiliser le Gait Trainer 1 pour la RAGT. Donc les différences de résultats entre ces deux études et les quatre autres [63][66][67][68] peuvent être dues, en plus de la divergence de l'intervention contrôle, à l'utilisation du Gait Trainer 1. Cependant, l'essai Picelli 2013 compare la RAGT à l'entraînement par approche PNF mais également à l'entraînement sur tapis de marche et présente des résultats divergents entre ces deux comparaisons. Cela ne permet donc pas d'affirmer l'hypothèse de la supériorité du Gait Trainer 1 sur les autres appareils. De plus, aucune comparaison directe entre les différents systèmes n'a été publiée, toute différence potentielle reste alors théorique.

Pour conclure, certaines études affirment que la RAGT apporte des résultats supérieurs par rapport à l'entraînement à la marche par exercices PNF. Ce dernier constat est retrouvé dans la revue systématique d'Alwardat 2018 [25] qui confirme que la RAGT montre de meilleurs résultats qu'une intervention conventionnelle sur certains aspects moteurs, tels que la vitesse de marche, la capacité de marche, la longueur d'enjambée... Cette différence de résultat entre la RAGT et les exercices PNF peut être expliquée par le fait que le concept PNF ne permet pas un travail à haute intensité des sujets. Cela permet de confirmer l'hypothèse que le travail à haute intensité permet d'augmenter les performances [24].

Théoriquement, la RAGT serait une meilleure alternative que le tapis roulant puisqu'elle associe, de manière forcée, les pas à une stimulation cinématique rythmique et qu'elle permet une intensité d'exercice 4 fois supérieure à celle fournie par le tapis-roulant [71]. Cependant, l'utilisation de dispositifs robotiques ne semble pas apporter des résultats supérieurs à ceux apportés par la rééducation sur tapis-roulant, sur les troubles de la marche. Cela peut être expliqué par le fait que les dispositifs robotiques imposent une longueur de pas et une vitesse de marche. Par conséquent, certains patients seraient entraînés en sous-maximal, ce qui ne permet pas le déclenchement des processus adaptatifs [63]. De plus, l'absence du support du poids du corps lors de l'entraînement sur tapis de marche permettrait d'augmenter l'effort d'entraînement [25].

La variabilité des résultats peut être due aux divergences des interventions contrôles et des protocoles, à la différence des points temporels d'évaluations ainsi qu'à la différence des appareils utilisés pour la RAGT. Malgré ces différences, on constate une amélioration d'une majorité des mesures évaluant la marche dans les groupes expérimentant la RAGT, quel que soit l'appareil ou le protocole utilisé. Il est donc plausible que plusieurs répétitions de mouvements semblables à la démarche puissent agir comme un signal proprioceptif externe, en définissant un modèle de marche et en renforçant les circuits neuronaux qui contribuent à la stimulation de la marche [64].

Par conséquent, il est impossible d'ignorer l'amélioration statistique du TM6, donc de l'endurance, que procure la RAGT. Néanmoins, les résultats sur la marche elle-même sont plus complexes et il est nécessaire d'émettre des réserves quant à l'efficacité de la RAGT par rapport à l'entraînement sur tapis-roulant.

#### 4.1.2 Résultats relatifs aux critères de jugements secondaires

##### ❖ UPDRS :

Les articles qui étudient cette échelle montrent que la RAGT permet une amélioration de l'invalidité globale de la MPI [64][65][68]. L'étude de Picelli 2013 ne trouve **pas de différence significative** des résultats entre la RAGT et l'entraînement à la marche sur tapis-roulant. Cela signifie que les différences des résultats sont peut-être dues au hasard rendant alors ces résultats inexploitable pour affirmer l'effet bénéfiques de la RAGT. De plus, les IC 95% passent par la valeur 0 donc les résultats sont peu précis et sont éloignés des résultats qui pourraient être retrouvés sur un échantillon plus grand.

Cependant, certaines études trouvent une **différence intergroupe statistiquement significative** [64][65][68]. Les tailles de l'effet et leur IC 95% permettent d'affirmer l'efficacité de la RAGT. Lorsque la RAGT est comparée à l'entraînement à la marche par approche PNF [64][65], les tailles de l'effet sont plus importantes que la taille de l'effet de l'essai Capecci 2019, qui compare la RAGT à l'entraînement sur tapis-roulant.



Ces études comportant certains biais, cette interprétation des résultats est à prendre avec prudence. En effet ces essais réalisent l'intervention et les évaluations pendant la phase « ON », ce qui ne permet pas de conclure sur la contribution de la RAGT lorsque les patients ne sont pas sous influence médicamenteuse. De plus, le groupe de la RAGT et le groupe d'exercice PNF ne sont pas entraînés à la même intensité de travail. L'étude de Picelli 2012 et de Capecci 2019 ne réalisent pas de suivi après 1 mois post-traitement et présentent un biais d'attrition car elles ne réalisent pas d'analyse en intention de traiter. Cela signifie que l'analyse des données et des résultats n'est pas réalisée sur la totalité des participants admis.

❖ **PFS :**

Dans les deux études qui évaluent la fatigue avec la PFS, la RAGT permet de diminuer la fatigue des sujets parkinsonien [64][65]. La comparaison entre la RAGT et l'entraînement à la marche sur tapis-roulant ne donne **pas de différence significative intergroupe** [65]. Les différences des résultats sont donc peut-être dues au hasard rendant les résultats inexploitable pour affirmer l'effet bénéfiques de la RAGT. De plus, les IC 95% passent par la valeur 0 donc les résultats sont peu précis et sont éloignés des résultats qui pourraient être retrouvés sur un échantillon plus grand.

Les différences dans les résultats sont **statistiquement significatives** entre la RAGT et la rééducation par approche PNF [64][65]. Les tailles de l'effet et leur IC 95% permettent d'affirmer **l'effet bénéfique** de la RAGT et d'affirmer que cet effet a 95% de chance d'être retrouvé dans une population plus importante. Cependant cette interprétation des résultats doit être prise avec précaution étant donné que les études présentent certains biais. En effet l'essai Picelli 2012 et l'essai Picelli 2013 réalisent l'intervention et les évaluations pendant la phase « ON », ce qui ne permet pas de conclure sur la contribution de la RAGT lorsque les patients ne sont pas sous influence médicamenteuse. De plus, le groupe de la RAGT et le groupe d'exercice PNF ne sont pas entraînés à la même intensité de travail. L'étude de Picelli 2012 ne réalise pas de suivi après 1 mois post-traitement et présente un biais d'attrition car elle ne fait pas d'analyse en intention de traiter. Cela signifie que l'analyse des données et des résultats n'est pas réalisée sur la totalité des participants admis.

❖ **BBS :**

Seule l'étude de Picelli 2013 étudie l'équilibre avec cette échelle. Cet essai démontre que la RAGT permet une amélioration de l'équilibre. Les différences de résultats entre la RAGT et l'entraînement à la marche sur tapis-roulant et par approche PNF sont **statistiquement significatives**. Les tailles de l'effet sont **en faveur de la RAGT**. Ces tailles de l'effet et leur IC 95% permettent d'affirmer l'efficacité de la RAGT par rapport aux exercices PNF. Cependant, elles sont plus faibles lorsque la RAGT est comparée à l'entraînement sur tapis de marche, avec des IC 95% qui ne permettent pas d'affirmer la supériorité de l'effet de la RAGT sur le tapis-roulant.

Cependant cette interprétation des résultats est à prendre avec précaution. En effet, cet essai réalise l'intervention et les évaluations pendant la phase « ON », ce qui ne permet pas de conclure sur la contribution de la RAGT lorsque les patients ne sont pas sous influence médicamenteuse. De plus, le groupe de la RAGT et le groupe d'exercices PNF ne sont pas entraînés à la même intensité de travail.

❖ **FOG-Q :**

Seule l'étude de Capecci 2019 étudie le freezing à la marche avec ce questionnaire. La RAGT permet une diminution du freezing par rapport au début de l'étude. La différence de résultat entre la RAGT et l'entraînement à la marche est **statistiquement significative**. La taille de l'effet est **en faveur de la RAGT** cependant son IC 95% est large avec une borne proche de la valeur 0, ce qui ne permet pas d'être certain de l'effet bénéfique de la RAGT dans une population plus grande.

L'essai Capecci 2019 comporte certains biais imposant une prudence dans l'interprétation de ces résultats. En effet, cette étude ne réalise pas de suivi post-traitement, ce qui ne permet pas de faire de conclusion sur la durée de l'effet de l'intervention. De plus cette étude présente un biais d'attrition car elle ne fait pas d'analyse en intention de traiter. Cela signifie que l'analyse des données et des résultats n'est pas réalisée sur la totalité des participants admis.

❖ **PDQ-39 :**

L'essai Capecci 2019 est la seule étude à évaluer cette échelle. La RAGT permet une amélioration de la qualité de vie par rapport au début de l'étude mais cette amélioration est inférieure à celle retrouvée après l'entraînement à la marche sur tapis-roulant. Cette différence de résultat entre les deux interventions n'est pas significative, ce qui signifie qu'elle peut être due en partie ou entièrement au hasard. Cela est d'autant plus probable que l'IC 95% est large et passe par la valeur 0. Par conséquent, même si la taille de l'effet est en faveur de l'entraînement sur tapis-roulant, le manque de significativité de la différence intergroupe et l'IC 95% ne permettent pas d'affirmer l'hypothèse que le tapis-roulant apporte de meilleurs résultats sur la qualité de vie que la RAGT. De plus, l'étude de Capecci 2019 ne réalise pas de suivi post-traitement, ne permettant pas de faire de conclusion sur la durée de l'effet de l'intervention. Cette étude présente également un biais d'attrition car elle ne fait pas d'analyse en intention de traiter. Cela signifie que l'analyse des données et des résultats n'est pas réalisée sur la totalité des participants admis.

## 4.2 **Applicabilité des résultats en pratique clinique**

L'analyse de la pertinence clinique des études est réalisée afin de pouvoir évaluer à l'applicabilité clinique des résultats. Pour cela les rapports bénéfiques/risques et coût/efficacité seront étudiés.

La RAGT permet de réduire les efforts du thérapeute (qui peuvent limiter l'intensité de travail du patient) [37] et permet de diminuer le risque de chute lors du travail de la montée/descente des escaliers [38]. De plus, les études n'ont pas relevé d'effet indésirable des protocoles, à l'exception de l'étude de Carda 2012 qui a relevé un inconfort du harnais, chez trois participants masculins du groupe de la RAGT. De surcroît, il peut être pertinent de relever que des abandons pour douleurs musculaires [63] ou lombalgiques [68] ont été observés dans les groupes d'entraînement à la marche sur tapis-roulant, ce qui n'a pas été le cas dans les groupes de la RAGT.

Cependant, les études n'explicitent pas clairement la balance bénéfiques/risques.

Comme décrit précédemment, la RAGT semble avoir un effet bénéfique sur la marche du sujet parkinsonien. Cependant, certains intervalles de confiance à 95% démontrent que les résultats

sont difficilement applicables à l'ensemble de la population de la MPI et ne permettent pas de déterminer précisément l'effet de la RAGT.

Le protocole de la RAGT n'est pas plus contraignant en temps qu'un protocole de rééducation conventionnel. Cependant, il est complexe et nécessite la présence d'un kinésithérapeute qualifié, pour l'installation du patient et les réglages des paramètres du dispositif robotique. Seules les études de Picelli 2012 et de Picelli 2013 décrivent précisément leur protocole et les paramètres des appareils robotiques qui peuvent influencer les résultats (tels que la vitesse de marche, la longueur de pas, le pourcentage de poids allégé). Les protocoles des autres études [63][66][67][68] ne fournissent pas assez d'informations pour permettre de les appliquer en pratique clinique.

De plus, la RAGT est difficilement applicable cliniquement. En effet, l'infrastructure et le matériel nécessaires à la réalisation du programme d'entraînement à la marche par assistance robotisée, sont onéreux et nécessitent des locaux spacieux. Ce protocole n'est donc pas applicable au domicile du patient et pas tous les praticiens/hôpitaux/centres de rééducation ont les moyens d'acquérir un tel matériel.

Les rapport bénéfices/risques et coût/efficacité n'étant pas renseignés par les études incluses, l'interprétation finale est difficile. Il est important de prendre en compte ce point pour à présent évaluer l'applicabilité clinique des résultats statistiques de cette revue.

Chaque étude précise les caractéristiques et les critères d'éligibilité des patients, permettant de savoir quel type de population est ciblée. Cependant, les essais ont recruté des patients dans un seul centre ou n'ont pas précisé la source de recrutement [66][67][68], ce qui ne permet pas de généraliser les résultats à l'ensemble de la population parkinsonienne.

L'ensemble des études couvrent tous les stades de la maladie, précoce, modéré et sévère. Cependant, aucun article n'admet de patient au stade 5 de Hoehn & Yahr, correspondant à un état grabataire. L'étude de Galli 2016 et de Capecci 2019 incluent des patients au stade 4 de H&Y. Néanmoins, dans l'essai Galli 2016, les patients inclus dans le groupe de la RAGT ont tous un stade H&Y entre 1,5 et 3. Ainsi, seul l'essai Capecci 2019 étudie l'effet de la RAGT sur les patients de stade 4 (qui représentent 13,5% de l'échantillon [68]).

Par conséquent, les résultats en faveur de la RAGT ne sont pas applicables aux patients de stade sévère de la MPI.

Les populations étudiées viennent toutes d'Italie. Des études supplémentaires, réalisées dans d'autres pays, seraient donc nécessaires pour pouvoir affirmer que les résultats de cette revue puissent s'appliquer à différentes populations. De plus, certaines études ne précisent pas la source de recrutement des patients [66][67][68], ce qui renforce l'idée que les résultats ne peuvent pas être généralisés à l'ensemble de la population atteinte de la MPI.

L'intervention et les bilans ont été réalisés uniquement sur des patients en phase « ON ». Par conséquent, les résultats de cette revue ne peuvent pas être applicables à des patients qui ne sont pas sous influence médicamenteuse.

Tous les essais inclus dans cette revue étudient des femmes et des hommes. La répartition entre les hommes et les femmes dans chaque étude est plutôt équitable. Les résultats ne varient pas selon le genre, il peut être supposé que l'applicabilité clinique des résultats ne soit pas limitée par le sexe des patients. Cependant, le faible nombre d'articles inclus dans cette revue et le nombre de patients étant insuffisant, d'autres analyses et des études plus poussées doivent être réalisées pour confirmer cette hypothèse.

En conclusion, l'efficacité de la RAGT sur la marche démontrée dans cette revue n'est pas applicable à l'ensemble des patients parkinsoniens. De plus, la RAGT présente un défaut d'applicabilité clinique dû au coût du matériel nécessaire.

### 4.3 Qualité des preuves [72]

La qualité des preuves a été évaluée en s'inspirant du système GRADE (the Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation). « *Pour une revue systématique la qualité des données scientifiques reflète notre confiance dans le fait qu'une estimation de l'effet est correcte* » [72].

Les études incluses dans cette revue de littérature sont toutes des **essais cliniques randomisés**. Ce type d'étude fournit un niveau de qualité de départ élevé à la revue. Cependant, les études présentent trop d'**hétérogénéité** pour pouvoir comparer statistiquement les résultats et réaliser une méta-analyse.

Les essais inclus présentent des **risques de biais** évalués par l'échelle PEDro. La qualité de la revue est donc diminuée par le fort risque de biais d'évaluation présent dans toutes les études, dû au non-aveuglement des patients et des praticiens. D'autres biais sont retrouvés dans certaines études :

- Le biais de sélection dû à la non assignation secrète des patients dans les groupes d'intervention [64][65][68].
- Le biais d'attrition dû à l'absence d'analyse en intention de traiter [64][68].

L'une des limites principales de cette revue est que tous les articles ont réalisé l'intervention et les évaluations durant la phase « ON ». Cependant l'évaluation des troubles moteurs en période « OFF » est importante puisque c'est pendant cette phase que les patients présentent le plus de difficultés motrices. L'absence ou l'impossibilité du contrôle de l'activité physique des patients après le programme d'intervention constitue également une limite et un biais.

La taille d'échantillon des études incluses est faible. De plus, certaines tailles de l'effet ont des intervalles de confiance à 95% larges. Ces deux points influencent les **résultats** et les rendent **imprécis**. Il est également observé une **hétérogénéité des résultats** entre les études. En effet, les tailles de l'effet et les IC 95% sont plus élevées et en faveur de la RAGT lorsqu'elle est comparée à la rééducation de la marche par exercices PNF [64][65]. Les tailles de l'effet sont plus faibles et pas toujours en faveur de la RAGT lorsqu'elle est comparée à l'entraînement sur tapis de marche [63][65][66][67][68].

L'accumulation de tous ces facteurs réduit la qualité des données scientifiques de l'ensemble des résultats à un niveau faible à modéré : l'estimation de la taille de l'effet peut être proche du véritable effet cependant il se peut qu'elle soit nettement différente.

Néanmoins, cette évaluation du niveau de qualité des données scientifiques ne suffit pas à déterminer la catégorie de recommandation. En effet, « *la force de recommandation reflète la confiance que l'on peut avoir dans le fait que les effets souhaitables d'une intervention l'emportent sur les effets indésirables* » [72].

Les effets souhaitables de la recommandation, qui consistent à la fois à améliorer la marche des sujets parkinsoniens et à soulager l'effort physique du praticien, semblent s'équilibrer avec les contraintes, principalement financières. Cependant le rapport bénéfices/inconvénients n'est pas clairement énoncé dans les différentes études. De plus, la

faible qualité des données scientifiques, l'incertitude et la variabilité des valeurs des bénéfices ainsi que le coût financier élevé du matériel, réduisent la vraisemblance d'une recommandation forte.

Tous ces facteurs semblent justifier une **recommandation de catégorie faible** de la RAGT pour l'amélioration de la marche chez les sujets atteints de la MPI, de stade H&Y inférieur à 4, lorsqu'ils ont une médication stable et qu'ils sont en phase « ON ».

#### 4.4 Biais potentiels de la revue

La grille d'évaluation AMSTAR (Assessment of Multiple Systematic Reviews) a été utilisée afin d'évaluer la qualité méthodologique de cette revue [73]. Cette grille comporte 11 items qui portent sur plusieurs aspects : « *l'objectif de la revue, la stratégie de recherche documentaire, le processus de sélection des études, les caractéristiques des études retenues, l'évaluation de la qualité des études, la méthodologie employée pour la synthèse des résultats* » [74].

Chaque item est évalué selon quatre choix de réponse : « oui », « non », « impossible de répondre », « sans objet ». La réponse « oui » apporte 1 point tandis que les autres options de réponse ne rapportent aucun point. Le score total est alors exprimé sur 11 points.

La grille AMSTAR de cette revue avec les résultats de chaque item est retrouvée en annexe (cf. annexe 6). Le score total de cette revue systématique est de 6/11, avec des biais au niveau de :

- De l'item 1 : en effet aucun protocole antérieur à cette revue n'a été établi et aucune demande d'approbation auprès d'un comité d'éthique n'a été formulée.
- De l'item 2 : la sélection des études et l'extraction des données ont été réalisées par une seule personne.
- De l'item 9 : la méthode de synthèse des résultats n'est pas justifiée car la revue ne présente aucun test d'homogénéité qui permettrait d'assurer que les résultats regroupés sont combinables.  
Ce biais est renforcé par le fait que la RAGT soit comparée à deux interventions témoins, l'entraînement à la marche sur tapis-roulant et la rééducation de la marche par approche PNF, ce qui rend les résultats difficilement combinables.
- De l'item 10 : le nombre d'articles inclus dans cette revue étant inférieur à 10, il n'a pas été possible d'évaluer le biais de publication. Elle peut cependant y être exposée car cette revue dépend de la direction résultats des études incluses, elles-mêmes parfois sous auto-censure des auteurs et publiées sous la sélection du comité de lecture des revues, ce qui peut conduire à une publication sélective des travaux de recherche [75].
- De l'item 11 : les auteurs d'une des études incluses n'indiquent pas les sources de financement ou de soutien éventuelles [67].

Cette revue de littérature présente d'autres biais, non abordés dans la grille AMSTAR. Premièrement, la revue inclut peu d'articles, leur nombre étant limité par des critères d'inclusion précis. Cela réduit la qualité des données scientifiques.

Malgré l'utilisation de plusieurs bases de données électroniques, il persiste un biais dans la sélection des articles puisque certaines études n'étaient pas accessibles. Seuls les articles gratuits ont pu être inclus dans cette revue.

Le dispositif robotique utilisé lors de la RAGT n'a pas été un critère de sélection des études à inclure dans cette revue, ce qui constitue un biais puisqu'ils ont des propriétés et des paramétrages divergents.

Des biais se trouvent également dans les critères de jugement de la revue. En effet les moyens d'évaluation du critère de jugement principal, la marche, sont multiples et parfois différents selon les essais cliniques.

En ce qui concerne les critères de jugement secondaires, plusieurs paramètres ont été étudiés et ne sont pas identiques dans chaque essai, ce qui constitue un biais. Il aurait été intéressant que tous les articles inclus étudient les mêmes critères de jugement. De plus, certains critères de jugement, tel que le freezing évalué par le FOG-Q, devraient être évalués par des évaluations complémentaires afin de pouvoir confirmer les résultats de la revue.

## 5. Conclusion

### 5.1 Implication pour la pertinence clinique

La MPI est actuellement un problème de santé publique, étant la 2<sup>ème</sup> pathologie neurodégénérative la plus fréquente en France. De plus, le nombre personnes touchées par cette maladie ne cesse d'augmenter [2]. L'étiologie de cette pathologie reste complexe et mal connue. Cependant, de plus en plus d'études démontrent l'efficacité de l'activité physique sur la MPI.

L'objectif de cette revue de littérature était d'étudier l'effet de la rééducation de la marche par assistance robotisée chez les sujets parkinsoniens.

Les études suggèrent que la RAGT peut être une alternative dans la rééducation à la marche des sujets atteints de la MPI. Effectivement, la RAGT montre des avantages sur la marche et n'apporte aucun effet indésirable ni effet secondaire. Cependant, les résultats sont hétérogènes suivant l'intervention contrôle. En effet, la RAGT apporte plus de résultats que les exercices PNF non intensifs, néanmoins, elle ne semble pas supérieure à l'entraînement à la marche sur tapis-roulant.

Effectivement, l'entraînement sur tapis de marche permet une amélioration de la marche globalement similaire. Par conséquent, il y a peu d'intérêt à investir dans l'acquisition d'un dispositif robotique, du fait de son coût financier, si le kinésithérapeute est déjà en possession d'un tapis de marche.

Les résultats de cette revue ne sont pas tout à fait en accord avec la revue d'Alwardat 2018 [25], qui conclut que la RAGT ne semble pas être supérieure aux autres interventions conventionnelles de kinésithérapie. Cependant, la revue d'Alwardat 2018 ne distingue pas les interventions contrôles, rassemblant les exercices PNF et l'entraînement sur tapis de marche. De plus, les critères de jugement étudiés ne sont pas tout à fait les mêmes.

L'insuffisance de certaines données des études ne permettent pas de transposer les résultats à la population générale. De plus, le niveau de qualité faible et la présence de biais de cette revue impose une prudence quant à l'interprétation des résultats. Par conséquent, des études supplémentaires rigoureusement menées sont nécessaires.

Il est important de noter que l'assistance robotisée constitue un moyen de rééducation à la marche et n'est pas une rééducation en soi [35].

## 5.2 Implication pour la recherche

Cette littérature permet de faire le point sur la place des appareils robotiques et de la nouvelle technologie dans le domaine de la kinésithérapie. En effet, les avancées technologiques et l'ingénierie biomédicale ont conduit à un intérêt croissant pour l'utilisation de la RAGT, en tant que nouvelle technologie kinésithérapique dans le traitement de la MPI.

Cette revue présente une implication pour les recherches futures. En effet, elle permet de relever la nécessité de réaliser plus d'essais cliniques randomisés, avec plus de sujets et des données scientifiques de meilleures qualités.

La consolidation à long terme de l'amélioration des performances doit également être étudiée par de futures études, avec un suivi sur plusieurs mois.

Il serait pertinent de réaliser des études sur des critères de jugement plus ciblés afin de mieux comprendre l'efficacité de la RAGT parmi les sujets parkinsoniens.

De même, il serait intéressant de comparer l'efficacité des différents appareils robotiques afin de potentiellement mettre en évidence la supériorité d'un de ces dispositifs.

L'absence de consensus sur les protocoles de rééducation par assistance robotisée rendrait intéressant la comparaison de différents protocoles, pour un même appareil robotique.

Cette revue montre que la RAGT semble améliorer l'invalidité globale de la MPI. Il serait par conséquent intéressant de réaliser des études permettant d'approfondir cette hypothèse.

Il n'y a aucun conflit d'intérêt à déclarer dans la réalisation de cette revue.

## Bibliographie

- [1] HAS. Maladie de Parkinson-Guide du parcours de soins. 2016.
- [2] Santé Publique France. Maladie de Parkinson 2019. <https://www.santepubliquefrance.fr/maladies-et-traumatismes/maladies-neurodegeneratives/maladie-de-parkinson/la-maladie/#tabs>.
- [3] Debove I, Lachenmayer L, Müllner J, Sturzenegger M. Les syndromes parkinsoniens et la maladie de Parkinson. Forum Médical Suisse – Swiss Med Forum 2017;17:448–55. <https://doi.org/10.4414/fms.2017.02962>.
- [4] Moisan F, Spinosi J, Dupupet JL, Delabre L, Mazurie JL, Goldberg M, et al. The relation between type of farming and prevalence of Parkinson's disease among agricultural workers in five french districts. Mov Disord 2011;26:271–9. <https://doi.org/10.1002/mds.23370>.
- [5] Kab S, Spinosi J, Chaperon L, Dugravot A, Singh-Manoux A, Moisan F, et al. Agricultural activities and the incidence of Parkinson's disease in the general French population. Eur J Epidemiol 2017;32:203–16. <https://doi.org/10.1007/s10654-017-0229-z>.
- [6] INSERM. Parkinson (maladie de) n.d. <https://www.inserm.fr/information-en-sante/dossiers-information/parkinson-maladie>.
- [7] Moisan F, Wanneveich M, Kab S, Moutengou É, Boussac-Zarebska M, Carcaillon-Bentata L, et al. Fréquence de la maladie de Parkinson en France en 2015 et évolution jusqu'en 2030. Bull Épidémiologique Hebd 2018;8–9:128–40.
- [8] Viallet F, Gayraud D, Bonnefoi B, Renie L, Aurenty R. Maladie de Parkinson idiopathique : aspects cliniques, diagnostiques et thérapeutiques. EMC - Neurol 2010;17-060-A-5:1–30. [https://doi.org/10.1016/S0246-0378\(10\)51548-3](https://doi.org/10.1016/S0246-0378(10)51548-3).
- [9] Oertel W, Schulz JB. Current and experimental treatments of Parkinson disease: A guide for neuroscientists. J Neurochem 2016;139:325–37. <https://doi.org/10.1111/jnc.13750>.
- [10] Hess CW, Okun MS. Diagnosing Parkinson Disease. Contin Lifelong Learn Neurol 2016;22:1047–63. <https://doi.org/10.1212/CON.0000000000000345>.
- [11] Collège des enseignants de neurologie. Syndrome parkinsonien. n.d. <https://www.cen-neurologie.fr/premier-cycle/semiologie-analytique/syndrome-myogene-myopathique/syndrome-myogene-myopathique-11>.
- [12] Grabli D. Maladie de Parkinson et syndromes parkinsoniens : les signes moteurs. Press Medecale 2017;1–8. <https://doi.org/10.1016/j.lpm.2017.01.003>.
- [13] Defebvre L. L'échelle MDS-UPDRS. Prat Neurol - FMC 2018;9:192–4. <https://doi.org/10.1016/j.praneu.2018.07.002>.
- [14] HAS. Maladie de Parkinson et syndromes apparentés - Rapport d'élaboration. 2016.
- [15] Fisher BE, Petzinger GM, Nixon K, Hogg E, Bremmer S, Meshul CK, et al. Exercise-induced behavioral recovery and neuroplasticity in the 1-methyl-4-phenyl-1,2,3,6-tetrahydropyridine-lesioned mouse basal ganglia. J Neurosci Res 2004;77:378–90. <https://doi.org/10.1002/jnr.20162>.
- [16] Smith AD, Zigmond MJ. Can the brain be protected through exercise? Lessons from an animal model of parkinsonism☆. Exp Neurol 2003;184:31–9.



<https://doi.org/10.1016/j.expneurol.2003.08.017>.

- [17] Goodwin VA, Richards SH, Taylor RS, Taylor AH, Campbell JL. The effectiveness of exercise interventions for people with Parkinson's disease: A systematic review and meta-analysis. *Mov Disord* 2008;23:631–40. <https://doi.org/10.1002/mds.21922>.
- [18] Fox C, Ramig L, Ciucci M, Sapir S, McFarland D, Farley B. The Science and Practice of LSVT/LOUD: Neural Plasticity-Principled Approach to Treating Individuals with Parkinson Disease and Other Neurological Disorders. *Semin Speech Lang* 2006;27:283–99. <https://doi.org/10.1055/s-2006-955118>.
- [19] Sutoo D, Akiyama K. Regulation of brain function by exercise. *Neurobiol Dis* 2003;13:1–14. [https://doi.org/10.1016/S0969-9961\(03\)00030-5](https://doi.org/10.1016/S0969-9961(03)00030-5).
- [20] Morris ME, Iansek R, Kirkwood B. A randomized controlled trial of movement strategies compared with exercise for people with Parkinson's disease. *Mov Disord* 2009;24:64–71. <https://doi.org/10.1002/mds.22295>.
- [21] Deane KHO, Ellis-Hill C, Jones D, Whurr R, Ben-Shlomo Y, Playford ED, et al. Systematic review of paramedical therapies for Parkinson's disease. *Mov Disord* 2002;17:984–91. <https://doi.org/10.1002/mds.10197>.
- [22] Morris ME, Martin C, McGinley JL, Huxham FE, Menz HB, Taylor NF, et al. Protocol for a home-based integrated physical therapy program to reduce falls and improve mobility in people with Parkinson's disease. *BMC Neurol* 2012;12:1–7. <https://doi.org/10.1186/1471-2377-12-54>.
- [23] Nieuwboer A, Kwakkel G, Rochester L, Jones D, Van Wegen E, Willems AM, et al. Cueing training in the home improves gait-related mobility in Parkinson's disease: The RESCUE trial. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2007;78:134–40. <https://doi.org/10.1136/jnnp.200X.097923>.
- [24] Fisher BE, Wu AD, Salem GJ, Song J, Lin CH (Janice), Yip J, et al. The Effect of Exercise Training in Improving Motor Performance and Corticomotor Excitability in People With Early Parkinson's Disease. *Arch Phys Med Rehabil* 2008;89:1221–9. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2008.01.013>.
- [25] Alwardat M, Etoom M, Al Dajah S, Schirinzi T, Di Lazzaro G, Sinibaldi Salimei P, et al. Effectiveness of robot-assisted gait training on motor impairments in people with Parkinson's disease. *Int J Rehabil Res* 2018;00:1–10. <https://doi.org/10.1097/MRR.0000000000000312>.
- [26] 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* 1997;77:19–27. <https://doi.org/10.1093/ptj/77.1.19>.
- [27] American Thoracic Society ATS Statement : Guidelines for the Six-Minute Walk Test. *Am J Respir Crit Care Med* 2002;166:111–7. <https://doi.org/10.1164/rccm.166/1/111>.
- [28] von der Heyde R, Droege K. Assessment of Functional Outcomes. *Fundam. Hand Ther.*, Elsevier; 2014, p. 115–27. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-09104-6.00008-0>.
- [29] Lang JT, Kassin TO, Devaney LL, Colon-Semenza C, Joseph MF. Test-Retest Reliability and Minimal Detectable Change for the 10-Meter Walk Test in Older Adults With Parkinson's disease. *J Geriatr Phys Ther* 2016;39:165–70. <https://doi.org/10.1519/JPT.0000000000000068>.
- [30] Silva B, Faria C, Santos M, Swarowsky A. Assessing Timed Up and Go in Parkinson's disease: Reliability and validity of Timed Up and Go Assessment of biomechanical strategies. *J Rehabil*

- Med 2017;49:723–31. <https://doi.org/10.2340/16501977-2254>.
- [31] Morris S, Morris ME, Iansek R. Reliability of Measurements Obtained With the Timed “Up & Go” Test in People With Parkinson Disease. *Phys Ther* 2001;81:810–8. <https://doi.org/10.1093/ptj/81.2.810>.
- [32] GAITrite. Biométrie France. n.d. <http://www.biometrics.fr/web/fr/gaitrite-et-cirface/71-gaitrite.html>.
- [33] Sale P, De Pandis MF, Vimercati SL, Sova I, Foti C, Tenore N, et al. The relation between Parkinson’s disease and ageing. Comparison of the gait patterns of young Parkinson’s disease subjects with healthy elderly subjects. *Eur J Phys Rehabil Med* 2013;49:161–7.
- [34] Davis RB, Öunpuu S, Tyburski D, Gage JR. A gait analysis data collection and reduction technique. *Hum Mov Sci* 1991;10:575–87. [https://doi.org/10.1016/0167-9457\(91\)90046-Z](https://doi.org/10.1016/0167-9457(91)90046-Z).
- [35] Charley C. Faisabilité et apports de la rééducation robotisée de la marche chez le patient cérébrolésé. Université Lille 2 droit et santé, 2014.
- [36] Furnari A, Calabrò RS, De Cola MC, Bartolo M, Castelli A, Mapelli A, et al. Robotic-assisted gait training in Parkinson’s disease: a three-month follow-up randomized clinical trial. *Int J Neurosci* 2017;127:996–1004. <https://doi.org/10.1080/00207454.2017.1288623>.
- [37] Pohl M, Warner C, Holzgraefe M, Kroczeck G, Mehrholz J, Wingerdorf I, et al. Repetitive locomotor training and physiotherapy improve walking and basic activities of daily living after stroke: A single-blind, randomised multicentre trial. *Clin Rehabil* 2007;21:17–27. <https://doi.org/10.1177/0269215506071281>.
- [38] Hesse S, Waldner A, Tomelleri C. Innovative gait robot for the repetitive practice of floor walking and stair climbing up and down in stroke patients. *J Neuroeng Rehabil* 2010;7:1–10. <https://doi.org/10.1186/1743-0003-7-30>.
- [39] Reha Technology. G n.d. <https://www.rehatechnology.com/en/g-eos/>.
- [40] Mehrholz J, Kugler J, Storch A, Pohl M, Elsner B, Hirsch K. Treadmill training for patients with Parkinson’s disease. *Cochrane Database Syst Rev* 2015:1–68. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD007830.pub3>.
- [41] Ridgel AL, Vitek JL, Alberts JL. Forced, not voluntary, exercise improves motor function in parkinson’s disease patients. *Neurorehabil Neural Repair* 2009;23:600–8. <https://doi.org/10.1177/1545968308328726>.
- [42] Calabrò RS, Naro A, Russo M, Bramanti P, Carioti L, Balletta T, et al. Shaping neuroplasticity by using powered exoskeletons in patients with stroke: a randomized clinical trial. *J Neuroeng Rehabil* 2018;15:1–16. <https://doi.org/10.1186/s12984-018-0377-8>.
- [43] Kang M-G, Yun SJ, Shin HI, Kim E, Lee HH, Oh B-M, et al. Effects of robot-assisted gait training in patients with Parkinson’s disease: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials* 2019;20:1–8. <https://doi.org/10.1186/s13063-018-3123-4>.
- [44] Dietz V, Duysens J. Significance of load receptor input during locomotion: a review. *Gait Posture* 2000;11:102–10. [https://doi.org/10.1016/S0966-6362\(99\)00052-1](https://doi.org/10.1016/S0966-6362(99)00052-1).
- [45] Tefertiller C, Pharo B, Evans N, Winchester P. Efficacy of rehabilitation robotics for walking training in neurological disorders: A review. vol. 48. 2011. <https://doi.org/10.1682/JRRD.2010.04.0055>.
- [46] Alwardat M, Etoom M. Effectiveness of robot-assisted gait training on freezing of gait in

- people with Parkinson disease: evidence from a literature review. *J Exerc Rehabil* 2019;15:187–92. <https://doi.org/10.12965/jer.1836618.309>.
- [47] Moseley AM, Herbert RD, Sherrington C, Maher CG. Evidence for physiotherapy practice: A survey of the Physiotherapy Evidence Database (PEDro). *Aust J Physiother* 2002;48:43–9. [https://doi.org/10.1016/S0004-9514\(14\)60281-6](https://doi.org/10.1016/S0004-9514(14)60281-6).
- [48] Murad MH, Asi N, Alsawas M, Alahdab F. New evidence pyramid. *Evid Based Med* 2016;21:125–7. <https://doi.org/10.1136/ebmed-2016-110401>.
- [49] Gibb WR, Lees AJ. The relevance of the Lewy body to the pathogenesis of idiopathic Parkinson's disease. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1988;51:745–52. <https://doi.org/10.1136/jnnp.51.6.745>.
- [50] Gedda M. Traduction française des lignes directrices PRISMA pour l'écriture et la lecture des revues systématiques et des méta-analyses. *Kinesither Rev* 2015;15:39–44. <https://doi.org/10.1016/j.kine.2014.11.004>.
- [51] de Morton NA. The PEDro scale is a valid measure of the methodological quality of clinical trials: a demographic study. *Aust J Physiother* 2009;55:129–33. [https://doi.org/10.1016/S0004-9514\(09\)70043-1](https://doi.org/10.1016/S0004-9514(09)70043-1).
- [52] Maher CG, Sherrington C, Herbert RD, Moseley AM, Elkins M. Reliability of the PEDro scale for rating quality of randomized controlled trials. *Phys Ther* 2003;83:713–21.
- [53] CUCHERAT M, LIEVRE M. La lecture critique des essais thérapeutiques. *La Lett Du Pharmacol* 2002;16:130–4.
- [54] Brosseau L, Laroche C, Sutton A, Guitard P, King J, Poitras S, et al. Une version franco-canadienne de la Physiotherapy Evidence Database (PEDro) Scale : L'Échelle PEDro. *Physiother Canada* 2015;67:232–9. <https://doi.org/10.3138/ptc.2014-37F>.
- [55] Physiotherapy Evidence Database. Statistiques de PEDro. n.d. <https://www.pedro.org.au/french/downloads/pedro-statistics/>.
- [56] LEPCAM. Elaborer une question de recherche et trouver le type d'étude. n.d. [https://lepcam.fr/index.php/les-etapes/id\\_quali/](https://lepcam.fr/index.php/les-etapes/id_quali/).
- [57] Amitage P, Berry G. *Statistical methods in medical research*. 3rd ed. Blackwell Scientific Publications, Oxford; 1994.
- [58] Lo AC, Chang VC, Gianfrancesco MA, Friedman JH, Patterson TS, Benedicto DF. Reduction of freezing of gait in Parkinson's disease by repetitive robot-assisted treadmill training: a pilot study. *J Neuroeng Rehabil* 2010;7:1–8. <https://doi.org/10.1186/1743-0003-7-51>.
- [59] Barbe MT, Cepuran F, Amarell M, Schoenau E, Timmermann L. Long-term effect of robot-assisted treadmill walking reduces freezing of gait in Parkinson's disease patients: a pilot study. *J Neurol* 2013;260:296–8. <https://doi.org/10.1007/s00415-012-6703-3>.
- [60] Pilleri M, Weis L, Zabeo L, Koutsikos K, Biundo R, Facchini S, et al. Overground robot assisted gait trainer for the treatment of drug-resistant freezing of gait in Parkinson disease. *J Neurol Sci* 2015;355:75–8. <https://doi.org/10.1016/j.jns.2015.05.023>.
- [61] Carpinella I, Nardone A, Bonora G, Bowman T, Cattaneo D, Rabuffetti M, et al. Counteracting Postural Perturbations Through Body Weight Shift: A Pilot Study Using a Robotic Platform in Subjects With Parkinson's Disease. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng* 2018;26:1794–802. <https://doi.org/10.1109/TNSRE.2018.2862463>.

- [62] Marchesi G, Casadio M, Ballardini G, Luca A De, Squeri V, Vallone F, et al. Robot-based assessment of sitting and standing balance: preliminary results in Parkinson's disease. 16th Int. Conf. Rehabil. Robot., vol. 2019- June, IEEE; 2019, p. 570–6. <https://doi.org/10.1109/ICORR.2019.8779387>.
- [63] Carda S, Invernizzi M, Baricich A, Comi C, Croquelois A, Cisari C. Robotic Gait Training Is not Superior to Conventional Treadmill Training in Parkinson Disease. *Neurorehabil Neural Repair* 2012;26:1027–34. <https://doi.org/10.1177/1545968312446753>.
- [64] Picelli A, Melotti C, Origano F, Waldner A, Fiaschi A, Santilli V, et al. Robot-Assisted Gait Training in Patients With Parkinson Disease. *Neurorehabil Neural Repair* 2012;26:353–61. <https://doi.org/10.1177/1545968311424417>.
- [65] Picelli A, Melotti C, Origano F, Neri R, Waldner A, Smania N. Robot-assisted gait training versus equal intensity treadmill training in patients with mild to moderate Parkinson's disease: A randomized controlled trial. *Parkinsonism Relat Disord* 2013;19:605–10. <https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2013.02.010>.
- [66] Sale P, De Pandis MF, Le Pera D, Sova I, Cimolin V, Ancillao A, et al. Robot-assisted walking training for individuals with Parkinson's disease: a pilot randomized controlled trial. *BMC Neurol* 2013;13:1–7. <https://doi.org/10.1186/1471-2377-13-50>.
- [67] Galli M, Cimolin V, De Pandis MF, Le Pera D, Sova I, Albertini G, et al. Robot-assisted gait training versus treadmill training in patients with Parkinson's disease: a kinematic evaluation with gait profile score. *Funct Neurol* 2016;31:163–70. <https://doi.org/10.11138/fneur/2016.31.3.163>.
- [68] Capecchi M, Pournajaf S, Galafate D, Sale P, Le Pera D, Goffredo M, et al. Clinical effects of robot-assisted gait training and treadmill training for Parkinson's disease. A randomized controlled trial. *Ann Phys Rehabil Med* 2019;62:303–12. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2019.06.016>.
- [69] Kadivar Z, Corcos DM, Foto J, Hondzinski JM. Effect of step training and rhythmic auditory stimulation on functional performance in parkinson patients. *Neurorehabil Neural Repair* 2011;25:626–35. <https://doi.org/10.1177/1545968311401627>.
- [70] Picelli A, Melotti C, Origano F, Waldner A, Gimigliano R, Smania N. Does robotic gait training improve balance in Parkinson's disease? A randomized controlled trial. *Parkinsonism Relat Disord* 2012;18:990–3. <https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2012.05.010>.
- [71] Hesse S, Henning S, Warner C, Bardeleben A. Upper and lower extremity robotic devices for rehabilitation and for studying motor control. *Curr Opin Neurol* 2004;16:705–10. <https://doi.org/10.1097/01.wco.0000102630.16692.38>.
- [72] HAUTE AUTORITÉ DE SANTÉ. Niveau de preuve et gradation des recommandations de bonne pratique. 2013.
- [73] Brosseau L, Laroche C, Guitard P, King J, Poitras S, Casimiro L, et al. La version franco-canadienne de l'outil Assessment of multiple systematic reviews (AMSTAR). *Physiother Canada* 2017;69:20–9. <https://doi.org/10.3138/ptc.2015-80F>.
- [74] Haute Autorité de Santé (HAS). Efficacité des méthodes de mise en œuvre des recommandations médicales. 2014.
- [75] LAROCHE P. L'Exploration Statistique Du Biais De Publication. *J La Société Française Stat* 2007;148:29–56.

## Annexes

**Annexe 1** : Exemple d'une présentation des données à relever lors du test de marche de 6 minutes.

### APPENDIX

The following elements should be present on the 6MWT worksheet and report:

Lap counter: \_\_\_\_\_

Patient name: \_\_\_\_\_ Patient ID# \_\_\_\_\_

Walk # \_\_\_\_\_ Tech ID: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_

Gender: M F Age: \_\_\_\_\_ Race: \_\_\_\_\_ Height: \_\_\_\_\_ft \_\_\_\_\_in, \_\_\_\_\_ meters

Weight: \_\_\_\_\_ lbs, \_\_\_\_\_kg Blood pressure: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

Medications taken before the test (dose and time): \_\_\_\_\_

Supplemental oxygen during the test: No Yes, flow \_\_\_\_\_ L/min, type \_\_\_\_\_

	Baseline	End of Test
Time	____:____	____:____
Heart Rate	_____	_____
Dyspnea	_____	_____ (Borg scale)
Fatigue	_____	_____ (Borg scale)
SpO <sub>2</sub>	_____ %	_____ %

Stopped or paused before 6 minutes? No Yes, reason: \_\_\_\_\_

Other symptoms at end of exercise: angina dizziness hip, leg, or calf pain

Number of laps: \_\_\_\_\_ (×60 meters) + final partial lap: \_\_\_\_\_ meters =

Total distance walked in 6 minutes: \_\_\_\_\_ meters

Predicted distance: \_\_\_\_\_ meters Percent predicted: \_\_\_\_\_ %

Tech comments:

Interpretation (including comparison with a preintervention 6MWD):

## Annexe 2 : Grille de l'échelle PEDro

### Échelle PEDro – Franco-Canadienne

1. les critères d'admissibilité ont été spécifiés	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
2. les participants ont été assignés de façon aléatoire dans les groupes (lors d'une étude à devis croisé, l'ordre dans lequel les participants ont reçu les interventions a été déterminé de façon aléatoire)	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
3. l'assignation des participants à un groupe a été dissimulée	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
4. au début de l'étude, les groupes étaient similaires en ce qui concerne les indicateurs pronostiques les plus importants	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
5. les participants ignoraient le groupe auquel ils avaient été assignés	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
6. les intervenants ignoraient le groupe auquel les participants avaient été assignés	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
7. les évaluateurs ayant mesuré au moins un résultat clé ignoraient le groupe auquel les participants avaient été assignés	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
8. les mesures d'au moins un résultat clé ont été obtenues chez plus de 85% des participants initialement assignés aux groupes	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
9. tous les participants pour qui des mesures de résultats étaient disponibles ont reçu l'intervention assignée. Lorsque ce n'était pas le cas, les données d'au moins un résultat clé ont été analysées selon l'intention de traiter	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
10. les résultats des comparaisons statistiques intergroupes sont fournis pour au moins un résultat clé	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
11. l'étude fournit à la fois une mesure de l'ampleur de l'effet et une mesure de dispersion pour au moins un résultat clé	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:

L'échelle PEDro est basée sur la liste Delphi élaborée par Verhagen et ses collaborateurs, au Department of Epidemiology, de l'University of Maastricht (*Verhagen AP et al. (1998). The Delphi list: a criteria list for quality assessment of randomised clinical trials for conducting systematic reviews developed by Delphi consensus. Journal of Clinical Epidemiology, 51(12):1235-41*). La liste est fondée sur un "consensus d'experts" et non, pour la majeure partie, sur des données empiriques. Deux items additionnels, qui ne figurent pas sur la liste Delphi, ont été ajoutés à l'échelle PEDro (items 8 et 10 de l'échelle PEDro). Lorsqu'une quantité plus importante de données empiriques sera disponible, il sera éventuellement possible de « pondérer » les items de l'échelle afin que le score PEDro témoigne de l'importance de chacun des items de l'échelle.

L'échelle PEDro a pour but d'aider les utilisateurs de la base de données PEDro à cibler rapidement les essais cliniques aléatoires ou présumés aléatoires (c'est-à-dire les essais cliniques aléatoires [ECA] ou les essais cliniques comparatifs [ECC]) archivés dans la base de données PEDro qui sont susceptibles d'avoir une bonne validité interne (critères 2 à 9), et de contenir suffisamment d'information statistique pour que leurs résultats puissent être interprétés (critères 10 et 11). Un critère additionnel (critère 1), lié à la validité externe (ou à la "généralisabilité" ou à "l'applicabilité" de l'essai), a été retenu, afin que la liste Delphi soit complète; mais ce critère ne sera pas utilisé pour calculer le score PEDro qui sera cité sur le site web de PEDro.

L'échelle PEDro ne doit pas être utilisée comme une mesure de la "validité" des conclusions d'une étude. Nous tenons particulièrement à inciter les utilisateurs de l'échelle PEDro à faire preuve de prudence devant les études qui montrent que le traitement a eu des effets importants et qui obtiennent un score plus élevé à l'échelle PEDro, car elles ne fournissent pas nécessairement de données probantes sur l'utilité clinique du traitement. Les autres aspects importants à prendre en considération sont, notamment les suivants : si l'effet du traitement était suffisamment marqué pour avoir une utilité clinique, si les effets positifs du traitement surpassent ses effets négatifs, et le coût-efficacité du traitement. Cette échelle ne doit pas être utilisée pour comparer la "qualité" des essais effectués dans différents domaines de la physiothérapie, principalement parce que, dans certains domaines de pratique de la physiothérapie, il n'est pas possible de répondre à tous les items de l'échelle.

#### Remarque concernant l'administration de l'échelle PEDro

- Tous les critères **Les points ne sont accordés que lorsqu'on peut établir clairement que le critère a été respecté.** À la lecture littérale du rapport de l'essai, s'il est possible qu'un critère n'ait pas été respecté, on ne doit pas accorder de point pour ce critère.
- Critère 1 Ce critère est respecté si le rapport décrit la source de recrutement des sujets et la liste des critères utilisés pour déterminer les personnes admissibles à l'étude.
- Critère 2 On considère qu'il s'agit d'une étude à assignation aléatoire si on précise dans le rapport de l'étude que la répartition a été faite au hasard. Il n'est pas nécessaire de spécifier de quelle méthode d'assignation aléatoire il s'agit. Les procédés comme le tirage à pile ou face et le lancement de dés sont considérés comme des méthodes aléatoires. Les méthodes d'assignation quasi-aléatoires, comme l'assignation à partir du numéro de dossier hospitalier, de la date de naissance ou l'assignation en alternance, ne respectent pas ce critère.
- Critère 3 Une *assignation dissimulée* signifie que la personne ayant déterminé si un sujet était admissible à l'essai ne savait pas, où moment de prendre la décision, à quel groupe le sujet serait assigné. Même si on ne mentionne pas que l'assignation a été dissimulée, un point est accordé pour ce critère si on indique dans le rapport que l'assignation a été effectuée au moyen d'enveloppes opaques scellées ou encore que, pour faire l'assignation, on a communiqué avec le détenteur du plan de répartition qui était "hors site".
- Critère 4 À tout le moins, dans les études sur les interventions thérapeutiques, le rapport doit décrire au moins une mesure de la gravité du problème de santé qui est traité et au moins une mesure (différente) des résultats clés au départ. L'évaluateur doit avoir la certitude que les résultats des groupes ne sont pas susceptibles de différer d'une manière cliniquement significative, sur la seule base des différences initiales entre les variables pronostiques. Ce critère est respecté même si on ne présente que les données de départ des sujets ayant terminé l'étude.
- Critères 4, 7-11 Les *résultats clés* sont les résultats qui fournissent la principale mesure de l'efficacité (ou du manque d'efficacité) de la thérapie. Dans la plupart des études, on utilise plus d'une variable comme mesure des résultats.
- Critères 5-7 *À l'insu* signifie que la personne en question (le sujet, le thérapeute ou l'évaluateur) ignorait à quel groupe le sujet avait été assigné. Par ailleurs, on considère que les sujets et les thérapeutes ont participé à l'essai "à son insu" seulement si on peut s'attendre à ce qu'ils soient incapables de faire une distinction entre les différents traitements administrés aux différents groupes. En ce qui concerne les essais dont les résultats clés sont rapportés par les sujets (p. ex., échelle visuelle analogue, journal quotidien pour consigner l'intensité de la douleur), on considère que l'évaluateur a participé à l'essai 'à son insu' si le sujet y a participé 'à son insu'.
- Critère 8 Ce critère n'est respecté que si le rapport indique explicitement *à la fois* le nombre de sujets initialement assignés dans des groupes *et* le nombre de sujets auprès de qui on a obtenu des mesures des résultats clés. Dans les essais où les résultats sont mesurés à plusieurs points dans le temps, un résultat clé doit avoir été mesuré chez plus de 85% des sujets à l'un de ces points.
- Critère 9 Une analyse selon *l'intention de traiter* signifie que, lorsque les sujets non pas reçu le traitement (ou le traitement témoin) tel qu'assigné, et lorsque les mesures des résultats étaient disponibles, l'analyse a été effectuée comme si les sujets avaient reçu le traitement (ou le traitement témoin) qu'on leur avait assigné. Ce critère est respecté même si on ne mentionne aucunement l'analyse selon "l'intention de traiter" dans le rapport, si on indique de manière explicite que tous les sujets ont reçu le traitement ou le traitement témoin qu'on leur avait assigné.
- Critère 10 Une comparaison statistique *intergroupe* consiste à comparer statistiquement un groupe à un autre groupe. Selon le plan expérimental de l'étude, il peut s'agir d'une comparaison entre deux traitements et plus, ou d'une comparaison entre un traitement et un traitement témoin. L'analyse peut être une simple comparaison des résultats mesurés une fois que le traitement a été administré, ou une comparaison entre le changement survenu dans un groupe donné et le changement survenu dans un autre groupe (lorsque l'analyse factorielle de la variance a été utilisée pour analyser les données, les données sont souvent présentées sous la forme d'une interaction groupe en fonction du temps). La comparaison peut prendre la forme d'un test d'hypothèse (qui produit une valeur 'p', décrivant la probabilité que les groupes ne diffèrent qu'en raison du hasard) ou la forme d'une estimation (par exemple, la différence entre la moyenne ou la médiane, ou la différence entre des pourcentages, ou le nombre requis pour traiter, ou un risque relatif ou un taux de risque) et son intervalle de confiance.
- Critère 11 Une *mesure de l'ampleur de l'effet* et est une mesure de la taille de l'effet du traitement. L'effet du traitement peut être décrit comme la différence entre les résultats des différents groupes, ou comme le résultat obtenu par chacun des groupes. *Les mesures de dispersion* comprennent les écarts-types, les erreurs-types, les intervalles de confiance, les écarts interquartiles (ou autres quantiles) et les étendues. Les mesures de l'ampleur de l'effet ou les mesures de dispersion peuvent être présentées graphiquement (par exemple, les écarts-types peuvent être présentés comme des barres d'erreur dans une figure), en autant que la représentation graphique soit claire (par exemple, en autant qu'il soit clair que les barres d'erreur représentent des écarts-types ou des erreurs-types). Lorsque les résultats sont catégoriques, on considère que ce critère a été respecté lorsque le nombre de sujets dans chaque catégorie est donné pour chaque groupe.

**Annexe 3** : Caractéristiques des études incluses.

Etude	<b>N°1 : CARDA &amp; al, 2012</b> <b>Essai clinique randomisé simple aveugle</b>	
<b>Participants</b>	<p><u>Nombre de patients inclus</u> = 30 (groupe expérimental : 15 patients / groupe contrôle : 15 patients).</p> <p><u>Nombre de patients analysés</u> = 28. Groupe expérimental : n=14, 1 abandon sans explication / groupe contrôle : n=14, 1 abandon pour douleur musculaire.</p> <p><u>Sex-ratio</u> : 17 hommes / 13 femmes.</p> <p><u>Age moyen</u> = 67,89 ± 5,4 ans.</p> <p><u>Stade Hoehn &amp; Yahr</u> = 2,2 (stade précoce).</p> <p><u>Durée de la maladie</u> = 3,73 ± 2,49 ans .</p> <p><u>Traitement médicamenteux</u> : levodopa (393,8 ± 165,7 mg/d pour le groupe expérimental / 371,4 ± 99,4 mg/d pour le groupe contrôle), rasagiline, pramipexole, rotigotine, ropirinole, entacapone, traitement stable et inchangé pendant l'étude.</p> <p><u>Critères d'inclusion</u> : patient d'âge &lt; à 75 ans, maladie de Parkinson idiopathique confirmé, stade précoce de la maladie &lt; à 3, pas de fluctuation motrice, capable de déambuler indépendamment, pas de tapis-roulant ou autre forme d'entraînement à la marche pendant au moins 6 mois avant l'étude.</p> <p><u>Critère d'exclusion</u> : traitement levodopa ayant débuté 6 mois avant l'inscription, conditions médicales/neurologiques contribuant à la dysfonction de la marche, patients ayant subi ou prévoyant de subir une stimulation cérébrale profonde dans les 6 mois.</p>	
<b>Protocole</b>	<p><u>Durée du programme</u> : 30 min, 3x/semaine pendant 4 semaines (12 semaines).</p> <p><u>Groupe expérimental</u> : RAGT avec Lokomat (appareil exosquelette), séances supervisées par un kinésithérapeute.</p> <p><u>Phase programme</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 15 minutes de marche à 50% du poids du corps (PDC) soutenu.</li> <li>- 15 minutes de marche à 30% du PDC soutenu.</li> <li>- Vitesse de marche initiale à 1,5 km/h puis augmentation de la vitesse jusqu'à 3 km/h par palier de 0,5 km/h.</li> </ul>	<p><u>Groupe contrôle</u> : entraînement à la marche sur tapis roulant, séances supervisées par un kinésithérapeute.</p> <p><u>Phase programme</u> : calcul de la vitesse de marche des patients lors d'un test de marche de 6 minutes avant le début du programme.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La 1<sup>ère</sup> semaine : 30 minutes de marche à 80% de la vitesse de marche obtenue au TM6.</li> <li>- La 2<sup>ème</sup> semaine : 30 minutes de marche à 90% de la vitesse de marche obtenue au TM6.</li> <li>- La 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> semaine : 30 minutes de marche à 100% de la vitesse de marche obtenue au TM6.</li> </ul>
<p><u>Evaluation</u> : pendant la phase « ON » (1h à 3h après la dernière prise de médicament).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Avant le traitement.</li> <li>- Après le traitement.</li> <li>- 3 mois après le traitement.</li> <li>- 4 mois après le traitement.</li> </ul>		



<b>Critères de jugement</b>	<p><u>Principal</u> : vitesse de marche (TM6).</p> <p><u>Secondaires</u> : TM10m, TUG.</p> <p><u>Résultats principaux</u> :</p> <p>Amélioration de la distance au TM6 pour les 2 groupes sans différence statistiquement significative. Pour le groupe expérimental il y a une amélioration jusqu'à 3 mois de suivi puis à 6 mois une légère détérioration des résultats est observée. Pour le groupe contrôle, l'amélioration est présente jusqu'à 6 mois de suivi.</p> <p>Améliorations significatives du TM10m et du TUG pour les deux groupes mais pas de différence entre le groupe expérimental et contrôle.</p>
-----------------------------	--

<b>Etude</b>	<p><b>N°2 : PICELLI &amp; al, 2012</b></p> <p><b>Essai clinique randomisé simple aveugle</b></p>	
<b>Participants</b>	<p><u>Nombre de patients inclus</u> = 41 (groupe expérimental : 21 patients / groupe contrôle : 20 patients).</p> <p><u>Nombre de patients analysés</u> = 36. Groupe expérimental : n = 18, 1 abandon et 2 perdus de vue / groupe contrôle : n = 18, 1 abandon et 1 perdu de vue.</p> <p><u>Sex-ratio</u> = 16 hommes / 20 femmes (sex-ratio du nombre de patients analysés).</p> <p><u>Age moyen</u> = 68,4 ans.</p> <p><u>Stade Hoehn &amp; Yahr</u> = 2,7 ± 0,3 ans (léger à modéré).</p> <p><u>Durée de la maladie</u> = 7 ans.</p> <p><u>Traitement médicamenteux</u> : stable et inchangé pendant l'étude, médicaments non renseignés.</p> <p><u>Critères d'inclusion</u> : diagnostic de la MPI confirmé, stade H&amp;Y à 2,5 ou 3, mini mental test (MMSE) &gt; à 23.</p> <p>Les patients n'ont pas subi de rééducation pendant au moins 3 mois avant l'étude, ni d'autre forme de rééducation pendant l'étude.</p> <p><u>Critères d'exclusion</u> : dyskinésie sévère, phase ON-OFF, déficit de sensation somatique impliquant les membres inférieurs, troubles vestibulaires ou vertiges paroxystiques, autres pathologies neurologiques/orthopédiques, comorbidités cardiovasculaires, changement de médication.</p>	
<b>Protocole</b>	<p><u>Durée du programme</u> : 45 min, 3x/semaine (lundi, mercredi, vendredi), pendant 4 semaines (12 séances).</p> <p><u>Groupe expérimental</u> : RAGT avec le Gait Trainer 1 (système de suspension statique). La longueur de pas de l'appareil est déterminée individuellement selon une évaluation réalisée avec le système GAITrite. La longueur de pas maximale est de 48 cm.</p> <p><u>Phase programme</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 10 minutes de marche avec 20% du PDC soutenu à 1 km/h.</li> <li>- 5 minutes de repos.</li> </ul>	<p><u>Groupe contrôle</u> : mobilisation active + thérapie à la marche conventionnelle basée sur le concept de facilitation proprioceptive neuromusculaire (PNF) qui définit le bassin comme « point de contrôle clé » pour maintenir un schéma de marche. Séances supervisées par un kinésithérapeute.</p> <p><u>Phase programme</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 10 minutes de mobilisation active des articulations des membres inférieurs :</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 10 minutes de marche avec 10% du PDC soutenu à 1,4 km/h.</li> <li>- 5 min de repos.</li> <li>- 10 minutes de marche sans soutien du PDC à 1,6 km/h.</li> <li>- 5 minutes de repos.</li> </ul> <p>Il est demandé aux patients « d'aider » le mouvement de marche de l'appareil.</p>	<p>10 répétitions de 6 exercices (5 minutes en décubitus dorsal puis 5 minutes en décubitus ventral).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 5 minutes de repos.</li> <li>- 30 minutes de PNF appliquée à la région pelvienne pour faciliter le mouvement pelvien et améliorer le contrôle pelvien : <ul style="list-style-type: none"> <li>• 10 minutes d'initiation rythmique.</li> <li>• 10 minutes d'inversion lente.</li> <li>• 10 minutes d'exercices de renversement agonistique.</li> </ul> </li> </ul>
	<p><u>Evaluation</u> : pendant la phase « ON » (1h à 2h30 après la dernière prise de médicament).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Avant le traitement (T0).</li> <li>- Après le traitement (T1).</li> <li>- 1 mois post-traitement (T2).</li> </ul>	
<b>Critères de jugement</b>	<p><u>Principaux</u> : vitesse de marche (TM10m) et capacité de marche (TM6).</p> <p><u>Secondaires</u> : paramètres de marche spatiotemporels (système GAITrite), fatigue (PFS), parcours longitudinal de la maladie (UPDRS).</p> <p><u>Résultats</u> : améliorations significatives des critères des jugements (sauf pour la cadence de marche) entre T0/T1 et T0/T2 du groupe expérimental mais pas de d'évolution entre T1/T2. Il n'y a pas d'amélioration significative pour le groupe contrôle.</p>	

<b>Etude</b>	<p><b>N°3 : PICELLI &amp; al, 2013</b></p> <p><b>Essai clinique randomisé simple aveugle</b></p>
<b>Participants</b>	<p><u>Nombre de patients inclus</u> = 60 (groupe expérimental : 20 patients / groupe contrôle 1 : 20 patients / groupe contrôle 2 : 20 patients).</p> <p><u>Nombre de patients analysés</u> = 60.</p> <p><u>Sex-ratio</u> = 23 hommes / 37 femmes.</p> <p><u>Age moyen</u> = 68,3 ± 8,3 ans.</p> <p><u>Stade Hoehn &amp; Yahr</u> = 3.</p> <p><u>Durée de la maladie</u> = 6,8 ± 5,8 ans.</p> <p><u>Traitement médicamenteux</u> : stable et inchangé pendant l'étude, médicaments non renseignés.</p> <p><u>Critères d'inclusion</u> : diagnostic de la MPI confirmé, stade H&amp;Y à 3, mini mental test (MMSE) &gt; à 24.</p> <p>Les patients n'ont subi aucune rééducation pendant au moins 3 mois avant l'étude, ni d'autre forme de rééducation pendant l'étude.</p> <p><u>Critères d'exclusion</u> : dyskinésie sévère ou fluctuation ON-OFF, changement de médication pendant l'étude, déficit de sensation somatique impliquant les membres inférieurs, troubles vestibulaires ou vertiges paroxystiques, autres pathologies neurologiques/orthopédiques impliquant les membres inférieurs, comorbidités cardiovasculaires.</p>

<p><b>Protocole</b></p>	<p><u>Durée du programme</u> : 45 min (30 min pour le groupe contrôle 2), 3x/semaine pendant 4 semaines (12 séances).</p>		
	<p><u>Groupe expérimental</u> : RAGT avec le Gait Trainer 1 (système de suspension statique). La longueur de pas de l'appareil est déterminée individuellement selon une évaluation réalisée avec le système GAITrite. La longueur de pas maximale est de 48 cm.</p> <p><u>Phase programme</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 10 minutes de marche avec 20% du PDC soutenu à 1 km/h.</li> <li>- 5 minutes de repos.</li> <li>- 10 minutes de marche avec 10% du PDC à 1,5 km/h.</li> <li>- 5 minutes de repos.</li> <li>- 10 minutes de marche sans soutien du PDC à 2 km/h.</li> <li>- 5 minutes de repos.</li> </ul> <p>Il est demandé aux patients « d'aider » le mouvement de marche de l'appareil.</p>	<p><u>Groupe contrôle 1</u> : entraînement à la marche sur tapis-roulant.</p> <p><u>Phase programme</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 10 minutes de marche à 1 km/h.</li> <li>- 5 minutes de repos.</li> <li>- 10 minutes de marche à 1,5 km/h.</li> <li>- 5 minutes de repos.</li> <li>- 10 minutes de marche à 2 km/h.</li> <li>- 5 minutes de repos.</li> </ul>	<p><u>Groupe contrôle 2</u> : thérapie à la marche conventionnelle basée sur le concept de facilitation proprioceptive neuromusculaire (PFN) qui définit le bassin comme un « point de contrôle clé » pour maintenir un schéma de marche. Séances supervisées par un kinésithérapeute.</p> <p><u>Phase programme</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 10 minutes d'initiation rythmique.</li> <li>- 10 minutes d'inversion lente.</li> <li>- 10 minutes d'exercices de renversement agonistiques.</li> </ul> <p>Exercices appliqués à la région pelvienne pour faciliter le mouvement pelvien et améliorer le contrôle pelvien.</p>
<p><b>Critères de jugement</b></p>	<p><u>Evaluation</u> : pendant la phase « ON » (1h à 2h30 après la dernière prise de médicament).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Avant le traitement (T0).</li> <li>- Après le traitement (T1).</li> <li>- 3 mois post-traitement (T2).</li> </ul>		
	<p><u>Principaux</u> : vitesse de marche (TM10m) et capacité de marche (TM6).  <u>Secondaires</u> : paramètres spatiotemporels (système GAITrite), équilibre (BBS), fatigue (PFS), parcours longitudinal de la maladie (UPDRS).  <u>Résultats</u> : amélioration significative du TM10m, du TM6, de la longueur de pas pour le groupe expérimental et le groupe contrôle 1 sans différence significative entre ces deux groupes. Amélioration significative du BBS pour le groupe expérimental et le groupe contrôle 1, avec une différence significative entre les 2 en faveur pour le groupe expérimental. Amélioration significative de la PFS et de l'UPDRS pour le groupe expérimental. Pas d'amélioration significative pour le groupe contrôle 2.</p>		

Etude	<b>N°4 : SALE &amp; al, 3013</b> <b>Essai clinique randomisé simple aveugle</b>	
<b>Participants</b>	<p><u>Nombre de patients inclus</u> = 20 (groupe expérimental : 10 patients / groupe contrôle : 10 patients).</p> <p><u>Nombre de patients analysés</u> = 20.</p> <p><u>Sex-ratio</u> = 11 hommes / 9 femmes.</p> <p><u>Age moyen</u> = 69 ans.</p> <p><u>Stade Hoehn &amp; Yahr</u> = 2,5 - 3,5.</p> <p><u>Durée de la maladie</u> = 8,56 ans.</p> <p><u>Traitement médicamenteux</u> : stable depuis au moins 1 mois avant l'étude, médicaments non renseignés.</p> <p><u>Critères d'inclusion</u> : diagnostic de la MPI confirmé, absence d'autres maladies neurologiques /orthopédiques, patients entre 18-90 ans, capacité de marche sans ou avec légère assistance sur 25 pieds (environ 7,5 mètres). Les patients ont une endurance suffisante pour rester en position debout pendant au moins 20 minutes.</p> <p><u>Critères d'exclusion</u> : incapacité de comprendre les instructions de l'étude, déplacement principalement en fauteuil roulant, abus chronique d'alcool/drogue, dépression/anxiété/psychose qui pourrait interférer avec l'utilisation de l'équipement ou lors des tests, diagnostic d'un syndrome parkinsonien atypique, implantation d'une stimulation cérébrale profonde.</p>	
<b>Protocole</b>	<p><u>Durée du programme</u> : 45 min, 5x/semaine pendant 4 semaines (20 séances).</p> <p><u>Groupe expérimental</u> : RAGT avec robot G-EO (système à effecteurs terminaux), les séances sont supervisées par un kinésithérapeute. Prise du rythme cardiaque et de la pression artérielle au début et à la fin de chaque séance.</p> <p><u>Phase programme</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Début avec 30-40% du PDC soutenu à 1,5 km/h de marche.</li> <li>- Augmentation progressive de la vitesse jusqu'à 2,2-2,5 km/h associée à une diminution progressive du support du PDC.</li> </ul> <p>+ 2h15 de traitement d'ergothérapie pour les membres supérieurs (travail de la dextérité + traitement neuropsychologique).</p>	<p><u>Groupe contrôle</u> : entraînement à la marche sur tapis-roulant avec feedback vidéo pour augmenter la qualité de la marche. Prise du rythme cardiaque et de la pression artérielle au début et à la fin de chaque séance. Séances supervisées par un kinésithérapeute.</p> <p><u>Phase programme</u> : non décrit.</p> <p>+ 2h15 de traitement d'ergothérapie pour les membres supérieurs (travail de la dextérité + traitement neuropsychologique).</p>
<p><u>Evaluation</u> : pendant la phase « ON » (1h30 après la dernière dose de médicament).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Au début du traitement (T0).</li> <li>- A la fin du traitement (T1).</li> </ul>		

<b>Critères de jugement</b>	<p><u>Principal</u> : vitesse moyenne de marche (donnée par une analyse 3D de la marche).</p> <p><u>Secondaires</u> : cadence, longueur de pas et de foulée, largeur de pas (analyse 3D de la marche).</p> <p><u>Résultats</u> : amélioration significative de la vitesse de marche et de la longueur d'enjambée pour le groupe expérimental sans différence avec le groupe contrôle. Il n'y a pas d'amélioration statistiquement significative pour le groupe contrôle.</p>
-----------------------------	--

Etude	<b>N°5 : GALLI &amp; al, 2016</b> <b>Essai clinique randomisé simple aveugle</b>	
<b>Participants</b>	<p><u>Nombre de patients inclus</u> = 50 (groupe expérimental : 25 patients / groupe contrôle : 25 patients).</p> <p><u>Nombre de patients analysés</u> = 50.</p> <p><u>Sex-ratio</u> = 26 hommes / 24 femmes.</p> <p><u>Age moyen</u> = 67,6 ans.</p> <p><u>Stade Hoehn &amp; Yahr</u> = 1,5 à 4.</p> <p><u>Durée de la maladie</u> = 9 ans.</p> <p><u>Traitement médicamenteux</u> : stable depuis au moins 1 mois avant l'étude, levodopa (650,8 ± 176,2 mg pour le groupe expérimental / 781,8 ± 321,2 mg pour le groupe contrôle).</p> <p><u>Critères d'inclusion</u> : diagnostic de la MPI confirmé, pas d'autres problèmes neurologiques/orthopédiques, patients entre 18-90 ans, capacité de marche sans ou avec assistance sur 25 pieds (environ 7,5 mètres). Patients avec une endurance suffisante pour maintenir une station debout pendant au moins 20 minutes.</p> <p><u>Critères d'exclusion</u> : incapacité à comprendre les instructions de l'étude, déplacement principalement en fauteuil roulant, abus chronique d'alcool/drogue, dépression/anxiété/psychose pouvant interférer avec l'utilisation de l'équipement ou lors des tests, diagnostic d'un syndrome parkinsonien atypique, implantation d'une stimulation cérébrale profonde.</p>	
<b>Protocole</b>	<p><u>Durée de programme</u> : 45 min, 5x/semaine pendant 4 semaines (20 séances).</p> <p><u>Groupe expérimental</u> : RAGT avec robot G-EO (système à effecteurs terminaux), les séances sont supervisées par un kinésithérapeute. Prise du rythme cardiaque et de la pression artérielle avant et après chaque séance.</p> <p><u>Phase programme</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Début avec 30-40% du PDC soutenu à 1,5 km/h de marche.</li> <li>- Augmentation progressive de la vitesse jusqu'à 2,2-2,5 km/h associée à une diminution progressive du support du PDC.</li> </ul> <p>+ 2h15 de traitement d'ergothérapie pour les membres supérieurs (travail de la dextérité + traitement neuropsychologique).</p>	<p><u>Groupe contrôle</u> : entraînement à la marche sur tapis-roulant avec feedback vidéo pour augmenter la qualité de la marche. Prise du rythme cardiaque et de la pression artérielle au début et à la fin de chaque séance. Séances supervisées par un kinésithérapeute.</p> <p><u>Phase programme</u> : non décrit.</p> <p>+ 2h15 de traitement d'ergothérapie pour les membres supérieurs (travail de la dextérité + traitement neuropsychologique).</p>

	<p><u>Evaluation</u> : pendant la phase « ON » (1h à 1h30 après la dernière prise de médicament).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Au début du traitement (T0).</li> <li>- A la fin du traitement (T1).</li> </ul>
<b>Critères de jugement</b>	<p><u>Principaux</u> : paramètres spatiotemporels de la marche (analyse 3D de la marche).</p> <p><u>Résultats</u> : améliorations statistiquement significatives de la vitesse moyenne, de la longueur de pas et de la cadence du groupe expérimental tandis que seule la longueur de pas est améliorée pour le groupe contrôle. Cependant il n’y a pas de différence significative de la vitesse moyenne, de la longueur de pas et de la cadence entre le groupe expérimental et contrôle.</p> <p>Les valeurs de la cadence et de la vitesse moyenne sont légèrement supérieures pour le groupe expérimental tandis que les valeurs de longueur de pas sont légèrement supérieures pour le groupe contrôle.</p>

<b>Etude</b>	<p><b>N°5 : CAPECCI &amp; al, 2019</b></p> <p><b>Essai clinique randomisé simple aveugle</b></p>	
<b>Participants</b>	<p><u>Nombre de patients inclus</u> = 110 (groupe expérimental : 60 patients / groupe contrôle : 60 patients).</p> <p><u>Nombre de patients analysés</u> = 96. Groupe expérimental : n = 48 patients, 7 n’ont pas reçu le traitement (changement de traitement, déménagement) + 3 perdus de vue (infection, douleur lombalgique, déménagement) / groupe contrôle : n = 48 patients, 1 n’a pas reçu le traitement (déménagement) + 1 perdu de vue (douleur lombalgique).</p> <p>Sex-ratio = 43 hommes / 53 femmes (sex-ratio du nombre de patients analysés).</p> <p><u>Age moyen</u> = 67,6 ± 8,7 ans.</p> <p><u>Stade Hoehn &amp; Yahr</u> = 3 (modéré à sévère).</p> <p><u>Durée de la maladie</u> = 8,9 ± 4,8 ans.</p> <p><u>Traitement médicamenteux</u> : levodopa (739,6 ± 310 mg), agonistes de dopamine, inhibiteur de monoamine oxydase B.</p> <p><u>Critères d’inclusion</u> : diagnostic de la MPI confirmé, H&amp;Y ≥ à 2, patient entre 50 et 80 ans, capable de tenir debout 20 minutes (avec ou sans assistance), difficulté de marche liée à la maladie, capable de marcher 10 mètres (avec ou sans assistance), médication stable pendant au moins 1 mois avant l’inscription.</p> <p><u>Critères d’exclusion</u> : incapacité à comprendre les instructions de l’étude, troubles cognitifs (MMSE &lt; à 24), abus de drogue/alcool, dépression/anxiété/psychose interférant avec l’utilisation de l’équipement ou lors des tests, autres troubles neurologiques/orthopédiques, antécédent d’opération cérébrale, maladie cardiovasculaire ou pulmonaire affectant la tolérance à l’entraînement intensif, participation à un autre essai dans les 6 mois précédents l’étude.</p>	
<b>Protocole</b>	<p><u>Durée du programme</u> : 45 min, 5x/semaine pendant 4 semaines (20 séances).</p> <p><u>Groupe expérimental</u> : RAGT avec un robot G-EO (technologie « end-effector »), les séances sont supervisées par un kinésithérapeute. Prise du rythme cardiaque et de la pression artérielle au début et à la fin de chaque séance.</p>	<p><u>Groupe contrôle</u> : entraînement à la marche sur tapis-roulant, séances supervisées par un kinésithérapeute.</p> <p><u>Phase programme</u> : entraînement à la marche sur tapis roulant, séances supervisées par un</p>

	<p><u>Phase programme</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Début avec 30-40% du PDC soutenu à 1,5 km/h de vitesse de marche.</li> <li>- Augmentation progressive de la vitesse jusqu'à 2,2-2,5 km/h associée à une diminution progressive du soutien du PDC jusqu'à 20% (selon la tolérance du patient).</li> </ul> <p>2 patients ont été exclus de l'analyse à cause de l'interruption du traitement plus de 3 jours consécutifs.</p>	<p>kinésithérapeute. Prise du rythme cardiaque et de la pression artérielle au début et à la fin de chaque séance.</p> <p><u>Phase programme</u> : non décrit.</p>
	<p><u>Evaluation</u> : pendant la phase « ON » (1h après la dernière prise de médicament).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Au début du traitement (T0).</li> <li>- A la fin du traitement (T1).</li> </ul>	
<p><b>Critères de jugement</b></p>	<p><u>Principaux</u> : endurance (TM6), capacité de marche (TM10m + TUG), mesure du freezing à la marche (FOG-Q).</p> <p><u>Secondaires</u> : invalidité globale de la maladie (UPDRS), qualité de vie (PDQ-39).</p> <p><u>Résultats</u> : l'analyse des résultats a été réalisé sur 96 patients et non sur la totalité des participants de départ.</p> <p>Améliorations non significatives du TM6, TUG, PDQ-39 pour le groupe expérimental et contrôle, sans différence significative entre les 2 groupes. Améliorations significatives des critères de jugement concernant le freezing à la marche (FOG-Q) et de l'UPDRS total en faveur du groupe expérimental.</p>	

**Annexe 4** : Tableau de synthèse des résultats des études incluses.

Critères de jugements		Effet de la RAGT et Intervalle de confiance à 96%	Significativité statistique « p »
Carda 2012	Marche	Post-intervention	<p>TM6 (m) : -7,6 [-38,87 ; 23,67]            TM10m (s) : 0,24 [-0,26 ; 0,74]            TUG (s) : -0,13 [-0,71 ; 0,45]</p> <p>Groupe E : p&lt;0,05 ; Groupe C : p&lt;0,05            Groupe E : non précisé ; Groupe C : p&lt;0,001            Groupe E : p&lt;0,05 ; Groupe C : p&lt;0,01</p>
		3 mois de suivi	<p>TM6 : 2,03 [-26,53 ; 30,59]            TM10m : 0,21 [-0,25 ; 0,67]            TUG : 0,38 [-0,08 ; 0,84]</p> <p>Groupe E : p&lt;0,001 ; Groupe C : p&lt;0,001            Groupe E : non précisé ; Groupe C : p&lt;0,001            Groupe E : p&lt;0,01 ; Groupe C : p&lt;0,001</p>
		6 mois de suivi	<p>TM6 : -32,35 [-63,68 ; -1,02]            TM10m : 0,05 [-0,38 ; 0,48]            TUG : 0,22 [-0,30 ; 0,74]</p> <p>Groupe E : p&lt;0,01 ; Groupe C : p&lt;0,001            Groupe E : p&lt;0,01 ; Groupe C : p&lt;0,001            Groupe E : p&lt;0,01 ; Groupe C : p&lt;0,001</p>
Picelli 2012	Marche	Post-intervention	<p>TM6 (m) : 46,45 [29,15 ; 63,75]            TM10m (m/s) : 0,12 [0,06 ; 0,18]            Lg de foulée (cm) : 5,4 [0,55 ; 10,25]            Cadence (cycle/min) : 4,56 [-2,62 ; 11,74]            Ratio simple/double appui : 0,21 [0,05 ; 0,37]</p> <p>p&lt;0,001            p=0,035            p=0,031            p=0,206            p=0,009</p>
		1 mois de suivi	<p>TM6 : 44,5 [24,67 ; 64,33]            TM10m : 0,14 [0,09 ; 0,19]            Lg de foulée : 6,19 [0,51 ; 11,87]            Cadence : 6,57 [-0,29 ; 13,43]            Ratio simple/double appui : 0,3 [0,13 ; 0,47]</p> <p>p&lt;0,001            p=0,032            p=0,034            p=0,060            p=0,004</p>
	Secondaires	<p>Post-intervention</p> <p>UPDRS : -7,44 [-12,37 ; 2,51]            PFS : -14,44 [-21,58 ; -7,30]</p> <p>1 mois de suivi</p> <p>UPDRS : -7,78 [-18,81 ; -2,75]            PFS : -12,84 [-19,72 ; -5,96]</p> <p>p&lt;0,001</p>	
Picelli 2013	Marche	Post-intervention	<p>TM6 (m) : 10,05 [-27,39 ; 47,49]            TM10m (m/s) : 0,08 [0,00 ; 0,16]            Lg de foulée (cm) : 5,22 [3,31 ; 7,13]            Cadence (cycle/min) : -2,13 [-4,60 ; 0,34]            Ratio simple/double appui : 0,01 [-0,20 ; 0,22]</p> <p>GC vs GC2</p> <p>TM6 : 80,25 [45,06 ; 115,44]            TM10m : 0,24 [0,15 ; 0,33]            Lg de foulée : 9,25 [6,79 ; 11,71]            Cadence : 3,27 [-3,48 ; 10,02]            Ratio simple/double appui : 0,27 [-0,03 ; 0,57]</p> <p>GE vs GC1 : non précisé            GE vs GC2 : TM6 : p=0,021            TM10m : p=0,003            Lg de foulée : p&lt;0,001</p>
		3 mois de suivi	<p>GE vs GC1</p> <p>TM6 : 3,3 [-34,95 ; 41,55]            TM10m : 0,07 [-0,02 ; 0,16]            Lg de foulée : 3,22 [-0,04 ; 6,48]            Cadence : -1,97 [-4,64 ; 0,70]            Ratio simple/double appui : 0,05 [-0,23 ; 0,33]            TM6 : 73,85 [37,45 ; 110,25]</p>



		<p>TM10m : 0,24 [0,15 ; 0,33]  Lg de foulée : 9,47 [6,41 ; 12,53]  <u>GC vs GC2</u> Cadence : 4,59 [-2,60 ; 11,78]  Ratio simple/double appui : 0,31 [0,01 ; 0,61]</p>	
	<u>Post-intervention</u>	<p><u>GE vs GC1</u> UPDRS : -3,1 [-8,24 ; 2,04]  PFS : -3,65 [-11,16 ; 3,86]  BBS : 2,7 [0,40 ; 5]</p>	<p>Non précisé  Non précisé  p=0,014</p>
	<u>Secondaires</u>	<p><u>GC vs GC2</u> UPDRS : -7,1 [-11,90 ; -2,30]  PFS : -12,6 [-18,79 ; -6,41]  BBS : 6,05 [3,23 ; 8,87]</p>	<p>p=0,004  p&lt;0,001  p&lt;0,001</p>
	<u>3 mois de suivi</u>	<p><u>GE vs GC1</u> UPDRS : -3,3 [-8,86 ; 2,26]  PFS : -4,9 [-13,07 ; 3,27]  BBS : 1,75 [-1,04 ; 4,54]</p>	<p>Non précisé</p>
		<p><u>GC vs GC2</u> UPDRS : -7,4 [-12,33 ; -2,47]  PFS : -11,05 [-17,19 ; -4,94]  BBS : 5,1 [2,40 ; 7,80]</p>	<p>p=0,003  p=0,001  p=0,001</p>
<b>Sale 2013</b>	<u>Gauche</u>	<p>Lg de foulée (cm) : -6,11 [-27,629 ; 15,409]  Lg de pas (cm) : -2,28 [-12,390 ; 7,830]  % de double appui : -1,37 [-5,55 ; 2,81]</p>	<p>Groupe E : p=0,0078 ; Groupe C : p=0,5703  Groupe E : p=0,0195 ; Groupe C : p=0,7422  Non précisé</p>
	<u>Marche Droite</u>	<p>Lg de foulée : -9,3 [-28,219 ; 9,619]  Lg de pas : 7,3 [-8,648 ; 10,108]  % de double appui : 2,2 [-1,56 ; 5,96]</p>	<p>Groupe E : p=0,0195 ; Groupe C : p=0,4258  Groupe E : p=0,0195 ; Groupe C : p=0,0391  Non précisé</p>
		<p>Cadence (pas/min) : 12,19 [-1,23 ; 25,61]  Vitesse moyenne (m/s) : 0,0622 [-0,16 ; 0,29]</p>	<p>Groupe E : non précisé ; Groupe C : p=0,1953  Groupe E : p=0,0195 ; Groupe C : p=0,1016</p>
<b>Galli 2016</b>	<u>Marche</u>	<p>Lg de pas (cm) : -80  Cadence (pas/min) : 0,4  Vitesse moyenne (m/s) : 0,03  →Différence intergroupe des différences intragroupes des médianes (pré/post-intervention) car taille de l'effet et IC non applicable.</p>	<p>p&lt;0,05</p>
<b>Capecci 2019</b>	<u>Principal</u>	<p>TM6 (m) : -28,6 [-57,13 ; -0,07]  TM10m (m/s) : 0 [-0,08 ; 0,08]  TUG (s) : 1,7 [-0,25 ; 3,65]</p>	<p>p=0,6  p=0,18  p=0,11</p>
	<u>Secondaires</u>	<p>UPDRS : -6,4 [-11,51 ; -1,29]  FOG-Q : -1,6 [-3 ; -0,2]  PDQ-39 : 3,1 [-1,20 ; 7,40]</p>	<p>p=0,02  p=0,03  p=0,2</p>

**Annexe 5** : tableau des tailles de l'effet de la RAGT sur les critères de jugement secondaires.

		<b>UPDRS total</b>	<b>PFS</b>	<b>BBS</b>	<b>FOG-Q</b>	<b>PDQ-39</b>
<b>Picelli 2012</b>	<i>A la fin du traitement</i>	-7,44 [-12,37 ; 2,51]	-14,44 [-21,58 ; -7,30]			
	<i>A 1 mois de suivi</i>	-7,78 [-18,81 ; -2,75]	-12,84 [-19,72 ; -5,96]			
<b>Picelli 2013</b>	<i>A la fin du traitement</i>	GE <sup>8</sup> vs GC1 <sup>9</sup> : -3,1 [-8,24 ; 2,04] GE vs GC2 <sup>10</sup> : -7,1 [-11,90 ; -2,30]	GE vs GC1 : -3,65 [-11,16 ; 3,86] GE vs GC2 : -12,6 [-18,79 ; -6,41]	GE vs GC1 : 2,7 [0,40 ; 5] GE vs GC2 : 6,05 [3,23 ; 8,87]		
	<i>A 3 mois de suivi</i>	GE vs GC1 : -3,3 [-8,86 ; 2,26] GE vs GC2 : -7,4 [-12,33 ; -2,47]	GE vs GC1 : -4,9 [-13,07 ; 3,27] GE vs GC2 : -11,05 [-17,19 ; -4,94]	GE vs GC1 : 1,75 [-1,04 ; 4,54] GE vs GC2 : 5,1 [2,40 ; 7,80]		
<b>Capecchi 2019</b>	<i>A la fin du traitement</i>	-6,4 [-11,51 ; -1,29]			-1,6 [-3 ; -0,2]	3,1 [-1,20 ; 7,40]

<sup>8</sup> GE = groupe expérimental qui pratique la RAGT.

<sup>9</sup> GC1 = groupe contrôle qui pratique l'entraînement à la marche sur tapis-roulant.

<sup>10</sup> GC2 = groupe contrôle qui réalise des exercices PNF.

## Annexe 6: Evaluation de la qualité méthodologique de la revue, Grille AMSTAR.

1. Est-ce qu'un devis d'étude a été établi a priori? La question de recherche et les critères d'inclusion devraient être établis avant de commencer la revue.	<input type="radio"/> Oui <input checked="" type="radio"/> Non <input type="radio"/> Impossible de répondre <input type="radio"/> Sans objet
2. La sélection des études et l'extraction des données ont-elles été effectuées à deux reprises? Au moins deux évaluateurs devraient extraire les données de manière indépendante et une procédure pour parvenir à un consensus devrait être établie afin de résoudre les désaccords.	<input type="radio"/> Oui <input checked="" type="radio"/> Non <input type="radio"/> Impossible de répondre <input type="radio"/> Sans objet
3. La recherche des écrits était-elle exhaustive? Au moins deux sources électroniques devraient être utilisées. Les années de publication et les bases de données utilisées doivent être indiquées dans le rapport (p. ex. Central Pubmed, EMBASE et MEDLINE, CINAHL). Les mots-clés ou les termes MESH doivent être mentionnés et, dans la mesure du possible, la stratégie de recherche devrait être décrite. La recherche devrait également comprendre la consultation de contenus à jour, de revues, de manuels, de répertoires spécialisés ou d'experts dans le domaine à l'étude, ainsi que l'examen de la bibliographie des études repérées.	<input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non <input type="radio"/> Impossible de répondre <input type="radio"/> Sans objet
4. Est-ce que le type de publication (p.ex. littérature grise) a fait partie des critères d'inclusion? Les auteurs devraient indiquer s'ils ont recensé tous les écrits sans tenir compte du type de publication. Ces derniers devraient aussi indiquer s'ils ont exclu des rapports (de la revue systématique) en fonction du type de publication, de la langue, etc.	<input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non <input type="radio"/> Impossible de répondre <input type="radio"/> Sans objet
5. Une liste des études retenues et rejetées a-t-elle été fournie? Une liste des études retenues et rejetées devrait être fournie.	<input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non <input type="radio"/> Impossible de répondre <input type="radio"/> Sans objet
6. Les caractéristiques des études retenues ont-elles été fournies? Les données sur les participants, les interventions et les mesures de résultats provenant des études originales devraient être regroupées (p.ex. dans un tableau). L'étendue des valeurs liées aux caractéristiques rapportées dans les études analysées (p.ex., âge, race, sexe, données socioéconomiques pertinentes, état de santé, durée et sévérité de la maladie, présence d'autres maladies) devrait être présentée.	<input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non <input type="radio"/> Impossible de répondre <input type="radio"/> Sans objet
7. La qualité scientifique des études retenues a-t-elle été évaluée et documentée? Les méthodes d'évaluation établies a priori devraient être indiquées. Par exemple, dans le cas d'études d'efficacité, les auteurs ont-ils indiqué s'ils ont choisi d'inclure uniquement les essais cliniques randomisés à double insu avec placebo, ou ceux dont l'attribution des traitements est dissimulée? Pour d'autres types d'études, différents éléments pourraient être pertinents.	<input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non <input type="radio"/> Impossible de répondre <input type="radio"/> Sans objet
8. La qualité scientifique des études retenues a-t-elle été considérée de façon adéquate dans la formulation des conclusions? Les résultats de l'évaluation de la rigueur méthodologique et de la qualité scientifique devraient être pris en considération pour l'analyse et les conclusions de la revue, et explicitement énoncés dans la formulation des recommandations.	<input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non <input type="radio"/> Impossible de répondre <input type="radio"/> Sans objet
9. Est-ce que les méthodes utilisées pour combiner les résultats des études sont appropriées? Pour ce qui est des résultats regroupés, un test devrait d'abord être effectué afin d'évaluer l'homogénéité des études pour ensuite déterminer si elles peuvent être combinées (p. ex. test du chi carré d'homogénéité, $I^2$ ). En présence d'hétérogénéité, le modèle des effets aléatoires devrait être utilisé ou s'il est pertinent sur le plan clinique, la combinaison des résultats devrait être prise en considération (c.-à-d. est-ce raisonnable de les combiner?)	<input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non <input type="radio"/> Impossible de répondre <input type="radio"/> Sans objet
10. La possibilité d'un biais de publication a-t-elle été évaluée? L'évaluation du biais de publication devrait inclure une variété de représentations graphiques (p. ex. diagramme de dispersion, autres tests disponibles) ou de tests statistiques (p. ex., test de régression d' Egger).	<input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non <input type="radio"/> Impossible de répondre <input type="radio"/> Sans objet
11. Les conflits d'intérêts ont-ils été divulgués? Les sources potentielles de soutien devraient être clairement énoncées dans la revue systématique et les études retenues.	<input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non <input type="radio"/> Impossible de répondre <input type="radio"/> Sans objet

---

## Résumé

**Introduction :** La maladie de Parkinson idiopathique (MPI) est actuellement la 2<sup>ème</sup> cause de handicap moteur d'origine neurologique et la 2<sup>ème</sup> maladie neurodégénérative la plus fréquente en France. La déficience de la marche est l'un des symptômes moteurs le plus handicapant, impactant considérablement l'indépendance et la qualité de vie des malades. L'avancée technologique a entraîné un intérêt croissant pour la rééducation de la marche par assistance robotisée (RAGT) chez les sujets parkinsoniens.

**Objectifs :** Le but de cette revue de littérature est d'étudier l'efficacité de la RAGT sur la marche des sujets parkinsoniens.

**Méthodologie :** Une recherche sur plusieurs bases de données électroniques (Pubmed, PEDro, Science Direct, the Cochrane library, Kinédoc), a été réalisée de juillet 2019 à décembre 2019. Les études sélectionnées incluent des patients atteints de la MPI, une intervention RAGT et des critères de jugement relatifs à la marche. La qualité méthodologique de ces études a été évaluée par l'échelle PEDro. Une analyse qualitative des données et des résultats statistiques a été effectuée.

**Résultats :** 6 essais cliniques randomisés ont répondu aux critères d'inclusion et d'exclusion. Dans cette revue, la RAGT est comparée à l'entraînement à la marche sur tapis-roulant mais aussi à des exercices de kinésithérapie plus conventionnels, le concept de facilitation proprioceptive neuromusculaire (PNF). Les résultats rapportent que la RAGT permet d'améliorer une majorité des mesures évaluant la marche, avec résultats supérieurs aux exercices PNF mais pas à l'entraînement à la marche sur tapis-roulant.

**Discussion :** La RAGT a montré de meilleurs résultats que le concept PNF. Cependant la RAGT ne semble pas supérieur à la rééducation sur tapis de marche. La présence de certains biais doit amener à la réalisation d'études supplémentaires, nécessaires pour permettre l'affirmation de l'effet bénéfique de la RAGT sur la marche des sujets parkinsoniens.

**Mots-clés :** Maladie de Parkinson (MP) ; entraînement à la marche par assistance robotisée (RAGT) ; assistance robotique ; marche.

## Abstract

**Background :** The idiopathic Parkinson's disease (PD) is currently the 2<sup>nd</sup> cause of neurological motor disability and the 2<sup>nd</sup> most common neurodegenerative disease in France. One of the most disabling motor symptoms is gait impairment, which has a significant impact on patients' independence and quality of life. Technological progress has led to a growing interest in robot-assisted gait training (RAGT) in people with PD.

**Objectives :** The aim of this literature review is to study the effectiveness of RAGT on gait disorders of people with PD.

**Methods :** A research was performed on several databases (Pubmed, PEDro, Science Direct, the Cochrane library, Kinédoc), from July 2019 to December 2019. Selected studies included people with PD, RAGT intervention and gait outcomes. PEDro scale was used to assess the studies' methodological quality. A qualitative data and statistical results analysis were carried out.

**Results :** 6 randomized clinical trials met the inclusion and exclusion criteria. In this review, RAGT is compared to treadmill training but also to conventional gait therapy based on proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF). The results show improvement for most of gait outcomes, with results superior to PNF exercise but not to treadmill training.

**Discussion :** RAGT has shown better results than the PNF concept. However, RAGT does not seem superior to treadmill training. Some biases should lead to perform additional studies, required to affirm the positive effect of RAGT on gait disorders of people with PD.

**Keywords :** Parkinson's disease (PD); robot-assisted gait training (RAGT); robotic assistance; gait.