



HAL
open science

Impact de l'entraînement robotisé sur la restauration de la marche après accident vasculaire cérébral

Wanda Langlois

► **To cite this version:**

Wanda Langlois. Impact de l'entraînement robotisé sur la restauration de la marche après accident vasculaire cérébral. Sciences du Vivant [q-bio]. 2016. dumas-01438808

HAL Id: dumas-01438808

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01438808>

Submitted on 18 Jan 2017

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

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



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

INSTITUT DE FORMATION EN MASSO-KINÉSITHÉRAPIE

- BREST -



Impact de l'entraînement robotisé sur la restauration de la marche après accident vasculaire cérébral

Travail écrit de troisième année de formation en masso-kinésithérapie
En vue de l'obtention du Diplôme d'Etat

LANGLOIS Wanda

Année 2013-2016

Je remercie toute l'équipe du plateau technique de Soins de Suites et de Réadaptation neurologique de l'hôpital Laënnec à Quimper qui m'a permis de découvrir le domaine de la robotique.

Merci à M. G. pour sa participation, sa disponibilité, son enthousiasme et sa permission pour la réalisation de ce travail.

Je tiens également à remercier les formateurs de l'IFMK de Brest et plus particulièrement ma directrice de mémoire Laurence ALEXANDRE pour son suivi et ses conseils lors de l'élaboration de ce mémoire.

Enfin, je remercie ma famille pour sa patience et ses encouragements tout au long de mes études ainsi que mes amis pour tous ces bons moments passés ensemble au cours de ces trois dernières années.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
CONTEXTE ET ANALYSE DE LITTERATURE	3
I. Accident vasculaire cérébral et rééducation de la marche	3
I.1 AVC et plasticité cérébrale	3
<i>I.1.1 L'accident vasculaire cérébral.....</i>	<i>3</i>
<i>I.1.2 Plasticité cérébrale.....</i>	<i>4</i>
I.2 Troubles de la marche et impact.....	4
<i>I.2.1 La marche de l'hémiplégique.....</i>	<i>4</i>
<i>I.2.2 Rééducation classique</i>	<i>5</i>
<i>I.2.3 Retentissement et délai de reprise</i>	<i>6</i>
I.3 L'héminégligence : un facteur de mauvais pronostic	6
<i>I.3.1 Pronostic fonctionnel.....</i>	<i>6</i>
<i>I.3.2 Négligence spatiale unilatérale gauche.....</i>	<i>6</i>
II. Place de la robotique dans la rééducation de la marche	7
II.1 Grands principes de la rééducation robotisée.....	7
<i>II.1.1 Le générateur spinal de la marche.....</i>	<i>7</i>
<i>II.1.2 La tâche orientée motorisée.....</i>	<i>7</i>
<i>II.1.3 Les différentes assistances électromécaniques utilisées.....</i>	<i>8</i>
II.2 Recueil de données de la littérature scientifique.....	9
<i>II.2.1 Méthodologie de recherche</i>	<i>9</i>
<i>II.2.2 Résultats des recherches.....</i>	<i>10</i>
<i>II.2.3 Synthèse.....</i>	<i>15</i>
III. Problématique et hypothèses de recherche	18
III.1 Influence des systèmes motorisés sur la récupération de la marche.....	18
III.2 Hypothèses.....	18
CAS CLINIQUE	19
I. Présentation du patient.....	19
II. Traitements.....	20
II.1 Rééducation classique.....	20
II.2 Rééducation robotisée.....	22
<i>II.2.1 Présentation générale du Gait Trainer LokoHelp Pedago.....</i>	<i>22</i>
<i>II.2.2 Conditions d'utilisation.....</i>	<i>23</i>
<i>II.2.3 Installation de M. G.</i>	<i>23</i>
<i>II.2.4 Déroulement du protocole.....</i>	<i>24</i>
III. Discussion	25
CONCLUSION	29
BIBLIOGRAPHIE.....	31
ANNEXES.....	34

INTRODUCTION

Au cours de mon stage en neurologie, effectué au Centre Hospitalier de Cornouaille à l'hôpital Laënnec (Quimper), je me suis intéressée à l'importance de la reprise précoce de la marche après un accident vasculaire cérébral. Elle constitue la première attente des patients et de leur entourage ainsi qu'un des principaux objectifs de rééducation pour le kinésithérapeute. En effet, l'altération ou la perte de la marche, qui est un phénomène complexe mettant en jeu le corps dans sa globalité, est source de handicap de par son retentissement fonctionnel et psychoaffectif.

De plus, la reprise de la marche est essentielle pour lutter contre les troubles du décubitus. La perte de mobilité due à l'alitement est responsable entre autres de douleurs, d'enraidissement articulaire, d'une diminution de la force musculaire et d'un déconditionnement à l'effort. Il en résulte une perte fonctionnelle des membres atteints.

L'hémiplégie, « *perte plus ou moins complète de la motricité volontaire dans une moitié du corps* », est le plus souvent la conséquence d'un accident vasculaire cérébral (1). Des troubles sensitifs et neuropsychologiques sont fréquemment associés à l'atteinte motrice et viennent perturber la rééducation. 51% des patients déclarent avoir beaucoup de difficultés ou ne pas pouvoir marcher 500 mètres (Peretti et al., 2012) (2).

Avec 130 000 AVC chaque année, soit 1 toutes les 4 minutes, cette pathologie représente un enjeu majeur de santé publique. Un plan d'action national est mis en place en 2010 (3), afin d'améliorer la prévention et l'information de la population, d'établir des filières de prise en charge adaptées, d'assurer la formation et la réflexion des professionnels et de promouvoir la recherche.

Nous savons que la prise en charge précoce après AVC dans une unité de soins pluridisciplinaire donne de meilleurs résultats, quel que soit la sévérité de l'atteinte : type d'AVC, localisation, âge, séquelles. L'hospitalisation en unité neuro-vasculaire permet une surveillance rapprochée où le pronostic vital (à court terme) et fonctionnel (à long terme) dépend de la rapidité et de la qualité de la prise en charge (4).

Pendant mon stage dans le service d'hospitalisation court séjour au contact de patients ayant subi récemment un AVC, j'ai pu remarquer que la marche est plus ou moins difficile à récupérer selon les personnes, notamment en cas d'atteinte sévère. Je me suis alors posée des questions sur les difficultés rencontrées dans la rééducation de la marche et sur les différences dans les délais de reprises de celle-ci. La présence de facteurs de mauvais pronostic fonctionnel peut retarder la rééducation de la marche : l'âge, la gravité du déficit initial, l'association de plusieurs déficiences (motrice, sensitive, fonction supérieure), de troubles cognitifs ou bien vésico-sphinctériens (5).

J'ai poursuivi mon stage au plateau technique de Soins de Suite et de Réadaptation neurologique pendant 4 semaines. J'ai eu l'occasion de prendre en charge M. G., hémiplégique hémiparétique gauche à 2 mois de son AVC. A ce stade, ses capacités ne nous permettaient pas encore de le mettre debout et de débiter la rééducation de la marche.

Le plateau de rééducation dispose d'un outil innovant : le LokoHelp Pedago. Composé d'un système d'allègement du poids du corps ou body weight support (BWS) et d'orthèses motorisées reproduisant le cycle de marche, il permet une rééducation robotisée de la marche. A mon arrivée, il était utilisé par un patient Guillain-Barré tétraparétique en phase de récupération, incapable de se tenir debout. En effet, le système mécanique et l'aide considérable apportée par le BWS rendent cet entraînement à la marche accessible à des patients non-marchants. Je me suis donc demandée s'il était possible d'en faire bénéficier M. G. en attendant de pouvoir commencer la rééducation de la marche au sol.

De ce questionnement est partie la recherche de mon travail de fin d'études. Aujourd'hui, la rééducation motrice se base essentiellement sur les méthodes Bobath et Perfetti, réalisées en grande partie en décubitus dorsal. L'entraînement sur le LokoHelp Pedago se rapproche d'une marche physiologique par la station érigée. Les répétitions du cycle de marche sont nombreuses et continues, alors que nous sommes rapidement limités dans les exercices sur plan Bobath. Le temps de rééducation centré sur la marche est ainsi augmenté.

Depuis quelques années, grâce aux avancées technologiques, la prise en charge rééducative des patients s'instrumentalise de plus en plus (6). La robotique permettrait d'intensifier le travail en tâche orientée, favorisant la réorganisation cérébrale. La répétition d'une tâche dans sa situation améliorerait beaucoup plus la performance que la répétition de cette même tâche mais hors de son contexte fonctionnel ordinaire (Shepherd 1990).

Un des enjeux de la kinésithérapie moderne est de proposer des méthodes de rééducation centrées sur les besoins et les attentes des patients, tout en s'appuyant sur des données scientifiques valides et l'expérience clinique des thérapeutes. C'est la définition même de l'Evidence-Based Practice (EBP), « *la pratique fondée sur les preuves* » (7).

Je me suis alors interrogée sur la place de la robotique en rééducation et son intérêt potentiel dans le cas de M. G. Cela m'a amenée à me poser la problématique suivante :

« Quel est l'impact de l'entraînement robotisé sur la restauration de la marche chez des patients non-marchants en phase subaiguë post-AVC ? »

L'objectif de ce travail est d'étudier l'effet de l'entraînement à la marche avec assistance électromécanique sur la restauration des capacités de marche, chez des patients non-marchants en phase subaiguë post-AVC.

Pour y répondre, dans un premier temps, nous aborderons le contexte général de ce travail. La marche après AVC d'une part et la rééducation robotisée des membres inférieurs d'autre part. Ensuite, une démarche d'analyse de la littérature sur l'entraînement électromécanique de la marche va permettre de recueillir les données actuelles de la recherche clinique. De cette analyse découlera nos hypothèses, justifiant le choix et la mise en place du protocole de rééducation de M. G., que nous exposerons dans un deuxième temps. Enfin, nous terminerons par mettre en parallèle les résultats de la prise en charge de M. G. avec les données de la littérature, puis nous en discuterons.

CONTEXTE ET ANALYSE DE LITTÉRATURE

I. Accident vasculaire cérébral et rééducation de la marche

I.1 AVC et plasticité cérébrale

I.1.1 L'accident vasculaire cérébral

En 1978, l'Organisation mondiale de la Santé définit l'AVC comme « *un déficit neurologique global ou focal, brutal, d'origine présumée vasculaire* ». L'atteinte des structures transportant le sang au cerveau prive certaines zones cérébrales d'oxygène, causant leur dysfonctionnement puis leur mort en quelques minutes. Il en existe 3 types : (1)

- AVC ischémique (85%) : Le défaut d'afflux de sang au niveau du parenchyme (infarctus cérébral), causé par l'occlusion d'une artère cérébrale, provoque son dysfonctionnement et/ou sa destruction. Les principales causes sont l'athérosclérose et l'embolie d'origine cardiaque. Si l'obstruction n'est que temporaire et ne laisse aucune séquelle, il s'agit d'un accident ischémique transitoire (AIT).
- AVC hémorragique (15%) : La rupture d'une artère provoque une hémorragie intraparenchymateuse et/ou méningée. L'hypertension artérielle et les malformations vasculaires (rupture d'anévrisme) représentent les principales étiologies.
- Thrombophlébite cérébrale (rare)

Selon les données de l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (Inserm), en France l'âge moyen de survenue est de 73 ans. On compte plus de 130 000 nouveaux cas par an, soit 1 toutes les 4 minutes, avec une augmentation chez les moins de 65 ans. L'AVC représente la première cause de handicap moteur acquis de l'adulte, la deuxième cause de démence et la troisième cause de mortalité après les maladies cardiovasculaires et les cancers.

L'hémiplégie vasculaire se caractérise par la diversité des tableaux cliniques (Figure 1). Les conséquences de l'AVC dépendent de la zone cérébrale touchée. Un déficit des commandes motrices volontaires, l'apparition de schémas moteurs réflexes et un tonus musculaire anormal constituent l'atteinte motrice. Celle-ci peut s'accompagner de troubles sensitifs, praxiques, cognitifs ou perceptifs.

	Artère cérébrale moyenne ou artère sylvienne		Artère cérébrale antérieure	Artère cérébrale postérieure
	Artère droite	Artère gauche		
Territoire supérieur	<ul style="list-style-type: none">• Hémiplégie brachiofaciale gauche sensori-motrice• HLH• NSU	<ul style="list-style-type: none">• Hémiplégie brachiofaciale droite sensori-motrice• HLH• Aphasie	<ul style="list-style-type: none">• Hémiplégie prédominant au membre inférieur sensitivo-motrice• Syndrome frontal	<ul style="list-style-type: none">• HLH controlatérale à la lésion (aire visuelle)• Agnosie visuelle
Territoire profond	<ul style="list-style-type: none">• Hémiplégie proportionnelle massive, sans atteinte sensitive (motrice pure)• Intéresse tout l'hémicorps			<ul style="list-style-type: none">• Trouble de la sensibilité de l'hémicorps opposé (thalamus)• Douleur spontanée, dysesthésie...

Figure 1 : Tableau clinique en fonction de la zone touchée¹

¹ Anne de Morand, Pratique de la rééducation neurologique, 2^{ème} édition, Elsevier Masson 2014, p3

I.1.2 Plasticité cérébrale

L'AVC est une urgence médicale. Le manque d'oxygène et de nutriments au niveau de la zone cérébrale touchée entraîne la mort des cellules nerveuses. Il est donc important d'avoir un délai de prise en charge court pour augmenter les chances de récupération : « Time is Brain ». Face à ces dommages, le cerveau a une certaine capacité d'adaptation. Il se reconstruit naturellement : de nouvelles connexions entre neurones se forment, certaines se renforcent et d'autres se détruisent, impliquant des zones à distance de la lésion. L'ensemble est regroupé sous le terme de plasticité cérébrale (1).

Les systèmes d'imagerie, dont l'IRM fonctionnelle, ont démontré que la rééducation joue un véritable rôle sur la récupération après lésion cérébrale (6). La « réorganisation fonctionnelle adaptative » du cerveau lésé est caractérisée par une modification de la somatotopie du cortex moteur primaire et influencée par l'apprentissage.

J-P Didier a montré le lien entre rééducation et plasticité cérébrale (8). Comme un muscle qui selon sa sollicitation va se renforcer ou s'atrophier, le cerveau va améliorer son efficacité selon l'activité qui lui ait demandée. L'apprentissage va permettre de réorganiser les réseaux neuronaux et modifier leur force de connexion. Ces modifications interviennent sous l'effet de l'expérience et la contrainte de l'environnement. Le kinésithérapeute cherche donc à stimuler, contrôler et orienter cette neuroplasticité par les exercices de rééducation.

Cliniquement, la récupération fonctionnelle s'établit schématiquement en deux phases distinctes :

- Phase initiale de récupération rapide : les 3 premiers mois post-AVC ;
- Phase secondaire où les progrès sont plus lents : sur plusieurs mois (18 mois) (9).

I.2 Troubles de la marche et impact

I.2.1 La marche de l'hémiplégique

La marche bipède constitue le mode de locomotion naturel de l'Homme. Elle correspond à une succession de mouvements combinés et alternés des différents segments corporels. La marche est assurée par une activation musculaire cyclique, coordonnée et automatique, organisée au niveau médullaire et contrôlée par les centres supérieurs (10). Un cycle de marche se compose d'une phase d'appui suivie d'une phase oscillante, c'est-à-dire du premier contact d'un pied au sol jusqu'au nouveau contact de ce même pied avec le sol. Le déplacement de l'ensemble du corps est ainsi rythmé par la répétition du cycle de marche (annexe I).

Après un accident vasculaire cérébral, cet équilibre dynamique est perturbé. Les troubles de la marche sont causés par les nombreux déficits tels que l'atteinte sensori-motrice et les troubles cognitifs. Les techniques modernes d'analyse du mouvement ont permis d'objectiver les paramètres de marche de l'hémiplégique : (11)

- Paramètres spatio-temporels : La marche de l'hémiplégique se caractérise par une asymétrie du pas du côté hémiplégique comparé au côté sain. Elle se traduit par une longueur du pas et une vitesse d'oscillation du pas diminuées, une durée du double appui (correspondant au temps de transfert) et des temps portants augmentés. La vitesse de marche est réduite ($V_{moy} = 0,45 \text{ m/s}$) (12).

- Analyse cinématique : Lors de la phase d'appui il existe un défaut d'extension de hanche, un récurvatum de genou ainsi qu'une flexion plantaire insuffisante. A la phase oscillante, il est observé une flexion insuffisante au niveau de la hanche, du genou et une flexion plantaire excessive à l'attaque du pas. Deux de ces paramètres sont corrélés avec la vitesse de marche : le manque de pas postérieur pour la propulsion et la diminution de la flexion de genou en phase oscillante.

La qualité de la marche va dépendre de nombreux facteurs dont la récupération de la commande motrice et de l'équilibre. La marche peut être modifiée par la fatigue, les schémas moteurs pathologiques ou encore par la survenue brutale de syncinésies. De plus, la marche de l'hémiplégique présente un coût énergétique élevé. Toutes ces tendances sont liées à la pathologie en elle-même mais sont aussi corrélées au degré de l'atteinte (11).

I.2.2 Rééducation classique

La prise en charge de l'accident vasculaire cérébral est divisée en 3 phases :

- Phase aiguë : avant le 14e jour ;
- Phase subaiguë : entre le 14e jour et 6 mois ;
- Phase chronique : après 6 mois.

Un des principaux objectifs de rééducation est d'acquérir une marche stable, harmonieuse et performante. Selon les recommandations de la Haute Autorité de Santé (HAS), « *la rééducation fonctionnelle de la marche est recommandée dès que possible, et doit être poursuivie tout au long de l'évolution de l'AVC pour améliorer l'indépendance dans les déplacements* » (grade B) (13). Actuellement aucune méthode de rééducation ne fait consensus. Les experts s'accordent sur la nécessité de combiner les méthodes de rééducation motrice sans se limiter à une approche exclusive. Depuis des dizaines d'années, Bobath et Perfetti s'imposent comme les deux grands concepts de rééducation.

80% des thérapeutes appliquent le concept Bobath (14). « *Le cerveau ignore le muscle et ne connaît que le mouvement* » (Bobath, 1984). En inhibant l'activité réflexe anormale, les activités motrices posturales et cinétiques normales sont facilitées. La rééducation se compose de postures d'inhibition et de stimulation des activités volontaires et fonctionnelles (1).

La rééducation tourne autour de 3 axes :

- Lutter contre la spasticité ;
- Solliciter la commande motrice volontaire ;
- Restaurer les réactions posturales.

Perfetti a lui développé une approche sensorimotrice de la rééducation de l'hémiplégique. Combiner les informations sensibles et visuelles permet d'élaborer une représentation interne consciente du mouvement à réaliser. Il considère le mouvement (le geste) comme un acte cognitif car il est une réponse adaptée aux informations issues de l'environnement. S'inscrivant dans une démarche d'apprentissage, il veut favoriser la plasticité cérébrale (1).

La rééducation comprend 3 stades :

- 1^{er} stade : contrôler la réaction anormale à l'étirement ;
- 2^{ème} stade : contrôler les irradiations ;
- 3^{ème} stade : améliorer la sélectivité de la commande.

Le recrutement des unités motrices est sollicité à tous les stades.

I.2.3 Retentissement et délai de reprise

La reprise de la marche constitue un facteur déterminant dans la reprise d'autonomie, corrélée au retour à domicile. Elle fait partie des préoccupations majeures du patient et de son entourage. Par conséquent, il est important de s'intéresser aux troubles de la marche, et donc au préalable à ceux de l'équilibre, compte tenu des difficultés qu'ils engendrent. Les activités de la vie quotidienne sont bouleversées. Le niveau de participation sociale est restreint.

La grande majorité des hémiplegiques récupère une station érigée autonome au bout de 44 jours, mais 50% d'entre eux ne l'ont toujours pas acquise 9 semaines après leur AVC.

La récupération de la marche s'effectue quant à elle dans la première année qui suit l'AVC : (15)

- 73% entre 3 et 6 mois ;
- 10% entre 3 et 12 mois ;
- 7% ne marche toujours pas à la fin de la première année.

Parmi les patients qui survivent au-delà de la phase aiguë, la moitié est incapable de marcher. Néanmoins, après une période en centre de rééducation, 80% d'entre eux récupèrent une marche fonctionnelle avec ou sans aides techniques (16).

I.3 L'héminégligence : un facteur de mauvais pronostic

I.3.1 Pronostic fonctionnel

Les délais de reprise de la marche évoqués précédemment s'étalent de quelques jours à plusieurs mois. Les différences notables dans les délais de récupération de cette fonction peuvent s'expliquer par la sévérité de l'atteinte des patients ainsi que les déficits qu'ils présentent.

De nombreuses études sur les facteurs pronostiques après hémiplegie vasculaire ont été menées. D'un grand nombre d'entre-elles ressortent des facteurs influençant la reprise de la marche : l'âge, la gravité des antécédents neurologiques, la localisation et l'importance de la lésion, la mauvaise qualité de la récupération motrice et du contrôle postural, le syndrome de l'hémisphère mineur avec négligence motrice et/ou visuo-spatiale et pour finir les troubles vésico-sphinctériens (5). Identifiés aujourd'hui comme des obstacles à la reprise de la marche, les performances de marche obtenues en fin de rééducation sont aussi diminuées en leur présence.

I.3.2 Négligence spatiale unilatérale gauche

Nous avons vu précédemment que l'identification d'une négligence spatiale unilatérale gauche en phase aiguë compromettrait le pronostic fonctionnel. Pour Heilman et al. « *un patient atteint du syndrome de négligence a des difficultés à signaler, à répondre à, ou à s'orienter vers des stimuli nouveaux ou porteurs de signification, lorsque ceux-ci sont présentés du côté opposé à une lésion cérébrale* » (17). Il est présent 3 fois sur 4 après un accident vasculaire cérébral touchant l'hémisphère droit qui joue un rôle dans le traitement des données spatiales et dans les processus attentionnels. L'héminégligence gauche va donc se traduire par un défaut d'attention et d'exploration de l'hémi-champ gauche et par une surexploitation du côté droit.

Des signes d'héminégligence sont retrouvés en phase aiguë chez 85 % des hémiplegiques gauches et persistent modérément ou plus sévèrement pour 36% d'entre eux (Azouvi et al., 2002) (18). En sa présence, le niveau de dépendance des personnes est augmenté, du fait de son retentissement sur les activités élémentaires tels que l'habillage, la toilette, l'alimentation et la déambulation.

II. Place de la robotique dans la rééducation de la marche

II.1 Grands principes de la rééducation robotisée

Depuis quelques années déjà, les avancées technologiques nous permettent de disposer de nouveaux moyens de rééducation. La rééducation motrice des patients cérébrolésés s'instrumentalise (6). Du simple tapis roulant aux systèmes à assistance électromécanique, la rééducation de la locomotion en neurologie essaie aujourd'hui de se rapprocher des conditions réelles de marche, en accomplissant le cycle de marche en station érigée. Du fait de l'aide importante qu'elle peut apporter au patient, cette rééducation motorisée se destine à des personnes aux séquelles majeures, par exemple dans l'incapacité de marcher.

La rééducation robotisée s'appuie sur deux grands principes : l'existence d'un générateur spinal de la marche et le travail répétitif à haute intensité en tâche orientée.

II.1.1 Le générateur spinal de la marche

Début du XXe siècle, la présence d'un générateur spinal de la locomotion, plus connu sous le nom de « central pattern generator », a été démontrée sur des mammifères adultes.

En premier, Sherrington et son élève Graham Brown, suite à des expériences sur le chat adulte spinalisé, ont observé un « réflexe de marche » composé de mouvements de flexion/extension croisés réflexes, rythmés et réguliers.

Ensuite, Barbeau et Rossignol, deux chercheurs canadiens, ont montré que la locomotion des chats spinalisés est améliorée après plusieurs séances successives (11). Dans leurs expériences, l'arrière-train des animaux est suspendu et leurs pattes sont au contact du tapis roulant. Au début les pattes sont mobilisées manuellement, puis petit à petit, le seul contact des pattes avec le tapis déclenche une activité rythmique des pattes arrières entraînant la locomotion.

Certaines données expérimentales laissent penser qu'il existe une zone similaire chez l'Homme. Récemment, des stimulations épidurales électriques continues ont été appliquées chez des blessés médullaires complets entre les myélotomes T10 et S1. L'activité musculaire de leurs membres inférieurs a été enregistrée simultanément par électrodes de surface. Lors de la stimulation en L2, il est retrouvé une activité motrice régulière proche d'une activité normale de marche (19).

Ces observations laissent penser que la moelle épinière humaine, isolée des centres supra-segmentaires, peut générer un rythme susceptible d'être utilisé lors de la locomotion.

II.1.2 La tâche orientée motorisée

Nous avons vu précédemment, qu'actuellement, après AVC, aucune méthode de rééducation motrice ne démontre sa supériorité. Il est alors recommandé de combiner les approches thérapeutiques.

Selon l'HAS, « à la phase subaiguë de l'AVC, la rééducation par tâche orientée de la marche est recommandée » (Grade B). La tâche orientée est une méthode qui s'appuie sur une rééducation fonctionnelle, axée sur la réalisation de la fonction. Carr et Shepherd ont montré que la répétition d'une tâche en situation améliorerait beaucoup plus la performance, que la répétition d'une même tâche mais hors de son contexte fonctionnel ordinaire (11).

De plus, la notion de répétition est souvent associée à la rééducation par tâche orientée. C'est le concept d'apprentissage moteur : répéter une même séquence de mouvements pour améliorer son exécution. L'intensité du travail est élevée. Un grand nombre de répétitions est recherché afin de favoriser la réorganisation cérébrale (20).

Toujours dans le but d'orienter cette plasticité neuronale, la rééducation est entreprise le plus tôt possible. Or, dans un premier temps, la marche est impossible pour certains patients très déficitaires ou alors sa rééducation est difficilement réalisable, demandant la sollicitation de plusieurs kinésithérapeutes.

Ainsi, la rééducation robotisée qui permet de réaliser des mouvements de flexion/extension des membres inférieurs en station érigée, améliorerait plus la marche que de réaliser le même mouvement allongé lors d'une séance de rééducation conventionnelle chez des personnes ne pouvant tenir debout.

L'ensemble des systèmes motorisés permet de mettre en place le concept de tâche orientée, basé sur une rééducation fonctionnelle, répétitive et de haute intensité. Nous allons voir que ce type de rééducation, avec l'aide mécanique qu'il apporte, est réalisable chez des patients sévèrement atteints.

II.1.3 Les différentes assistances électromécaniques utilisées

Aujourd'hui, il existe de nombreux modèles pour l'entraînement à la marche à assistance électromécanique. Des similitudes existent entre eux comme l'allègement du poids du corps ou body weight support (BWS). La plus grande divergence réside dans le type d'assistance électromécanique utilisé afin d'entraîner le mouvement de locomotion. Celle-ci va du simple « end-effector » (Gait Trainer, LokoHelp Pedago) à l'exosquelette (Lokomat). Selon l'orthèse proposée, la participation du sujet est très variable.

Deux modèles sont beaucoup étudiés dans la littérature :

- Le Gait Trainer est un appareil mis au point en Allemagne par Hesse (annexe II). Il est équipé de deux plates-formes placées sous les pieds du patient qui simulent les différentes phases de la marche, comme c'est le cas avec le vélo elliptique. La guidance est donc distale. Les hanches et les genoux sont libres. Le patient est maintenu en station érigée par un harnais. La longueur et la cadence du pas sont réglables (21).
- Le Lokomat est un appareil mis au point en Suisse par Colombo (annexe III). Le patient est toujours maintenu par un harnais pour assurer la station érigée et la décharge du poids du corps. Un exosquelette est fixé au bassin et prend le membre inférieur dans son intégralité, contrôlant les articulations de la hanche et du genou. Le système est rattaché à un tapis roulant. Il est possible de programmer la vitesse du tapis, le temps des phases du cycle de marche et la force des moteurs (22).

Les deux appareils utilisent le BWS, véritable atout dans la rééducation robotisée. Il s'agit d'un harnais qui permet de décharger les patients de la totalité ou d'une partie du poids du corps. Les membres inférieurs sont ainsi partiellement déchargés lors de l'entraînement à la marche, facilitant l'utilisation du membre hémiplégique. Une prise en charge précoce est envisageable du fait qu'il permet aux patients, qui n'en ont pas les capacités et la force, de se tenir debout. Le BWS présente aussi d'autres avantages : une diminution de la demande cardiovasculaire, une diminution de l'appréhension à la chute et une réduction du nombre de thérapeutes nécessaires pour la rééducation de la marche.

II.2 Recueil de données de la littérature scientifique

II.2.1 Méthodologie de recherche

L'analyse de la littérature suivante a pour thème l'intérêt de la robotique dans la rééducation de la marche après AVC. Plus précisément, permet-elle aux patients les plus sévèrement atteints de reprendre la marche ?

Dans une démarche d'Evidence-Based Practice (EBP), une attention particulière est portée au niveau de preuve des études sélectionnées (annexe IV).

Pour mener à bien cette recherche, plusieurs types de références sont utilisés : livres, revues scientifiques (Kinésithérapie, la revue ; Stroke), littérature grise (thèses de médecine, mémoires de kinésithérapie), ou bien encore des sites internet divers (HAS, Inserm). Les bases de données consultées sont variées : PEDro, PubMed, EMconsult, ScienceDirect et les ressources Cochrane.

Afin d'affiner la recherche, une question clinique au format PICO (Patient-Intervention-Comparaison-Outcome) est formulée :

- P = Patient hémiparétique après AVC, incapable de marcher
- I = Entraînement à la marche assisté par un système robotisé
- C = Kinésithérapie conventionnelle (Bobath, marche au sol)
- O = Reprise de la marche : Functional Ambulation Classification (FAC)

L'utilisation des mots clés suivants a permis de faire une première sélection d'articles : AVC (stroke), hémiparésie (hemiplegia), robotique (robotics), marche (gait, walk), rééducation (rehabilitation), non-marchant (non-ambulatory), hémiparétique (neglect).

Même s'il s'agit du système LokoHelp Pedago qui est utilisé dans le cas clinique de ce mémoire, le choix a été fait de prendre en compte la robotique en général dans la recherche d'articles scientifiques. Les études sélectionnées portent sur les deux grands types de robots utilisés en rééducation de la marche de nos jours : le Gait Trainer et le Lokomat.

Les critères d'inclusion sont les suivants :

- Respect de la structure IMRaD (Introduction, Matériel/méthode, Résultats, Discussion) ;
- Sujets en phase aiguë ou subaiguë d'AVC, incapables de marcher au début de l'étude, afin de correspondre au mieux à la situation clinique de M. G. ;
- Utilisation de la robotique comparée à la kinésithérapie conventionnelle ;
- Une note supérieure à 6/10 sur l'échelle de PEDro (annexe V).

Les critères d'exclusion sont les suivants :

- Etude ne traitant que de pathologies neurologiques autres qu'AVC ;
- Etude ne traitant que de patients en phase chronique d'AVC ;
- Etude réalisée uniquement sur des sujets ambulants (FAC > 3) au début de l'étude.

L'étude de Freivogel et al., « *Gait training with the newly developed 'LokoHelp'-system is feasible for non-ambulatory patients after stroke, spinal cord and brain injury. A feasibility study* » est directement incluse dans cette recherche (23). Malgré son faible niveau de preuve, il s'agit de la seule étude publiée sur le LokoHelp-Pedago, le système utilisé dans le cas clinique de ce mémoire.

II.2.2 Résultats des recherches

Décrits précédemment, le Gait Trainer et le Lokomat sont les deux grands types de dispositifs électromécaniques étudiés dans la littérature. Le but de cette revue est de déterminer si l'entraînement à la marche par robotique peut permettre aux patients qui sont incapables de marcher après AVC de retrouver une marche plus ou moins indépendante.

Pour rester focalisé sur cet objectif, le critère de jugement principal considéré est la Functional Ambulation Classification (FAC) (annexe VI). Il nous permet de connaître combien de sujets non-marchants au début de l'expérimentation retrouvent la marche à la fin de l'étude. L'indice de Barthel est lui aussi utilisé dans les études prédictives. Il cote le niveau d'autonomie dans les activités de la vie quotidienne, en 9 rubriques, sur une échelle fonctionnelle graduée de 0 à 100 (annexe VI).

II.2.2.1 *Revue systématique Cochrane 2013*

Une revue systématique Cochrane récente, publiée en juillet 2013, examine les effets de ces dispositifs pour améliorer la marche après accident vasculaire cérébral (24). Elle regroupe 23 essais (essais randomisés et essais croisés randomisés), incluant 999 sujets. Les participants ont plus de 18 ans et présentent un AVC de gravité et de stade divers. Les études sélectionnées évaluent l'effet des aides électromécaniques d'entraînement à la marche et le compare à l'effet de la kinésithérapie classique. La proportion de sujets marchants de façon autonome à la fin de l'étude constitue le critère de jugement principal.

Il ressort de cette méta-analyse que l'entraînement à la marche avec assistance électromécanique combiné à la kinésithérapie conventionnelle augmenterait les chances des participants d'obtenir une marche indépendante (rapport des cotes (RC) (effets aléatoires) 2,39, intervalle de confiance (IC) à 95%, entre 1,67 à 3,43 ; $P < 0,00001$). Les auteurs en concluent qu'1 personne sur 5 traitée peut espérer regagner une marche indépendante si elle bénéficie de l'entraînement à la marche par assistance électromécanique.

Il est ici intéressant de voir que la revue Cochrane a réalisé une analyse planifiée de sous-groupes. Elle suggère que les patients dans les trois premiers mois de l'AVC bénéficieraient de l'entraînement à la marche à assistance électromécanique, alors que les patients en phase chronique n'en bénéficieraient pas. De plus, les personnes les plus sévèrement atteintes, incapables de marcher au début du traitement, pourraient bénéficier de ce type de rééducation, alors que les patients déjà ambulants au départ n'en bénéficieraient pas.

Tous les résultats énoncés précédemment doivent être interprétés avec prudence. En effet, plusieurs différences apparaissent dans les protocoles utilisés parmi les 23 essais étudiés. Selon les études, différents dispositifs sont utilisés, la durée et la fréquence du traitement sont variables et certaines incluent la stimulation électrique fonctionnelle. Enfin, certaines études étudient des sujets déjà capables de marcher au début de l'étude.

Il est important de noter que l'utilisation de ces assistances électromécaniques pour la rééducation de la marche n'a pas majoré la survenue d'événements indésirables, d'abandon de la rééducation ou de mort des participants. Les différents dispositifs sont sans danger et bien acceptés par la majorité des sujets de cette revue.

Après avoir constaté que les patients non-marchants en phase subaiguë d'AVC tirent le plus grand bénéfice de ce type de rééducation, il est intéressant d'étudier plus précisément les essais cliniques de cette revue Cochrane qui ne traitent que de cette population. Elles sont au nombre de 5.

➤ **Werner et al., « Treadmill Training With Partial Body Weight Support and an Electromechanical Gait Trainer for Restoration of Gait in Subacute Stroke Patients » (25)**

En 2002, cette étude compare deux systèmes utilisés dans la rééducation de la marche chez des patients non-ambulants en phase subaiguë d'AVC. Les auteurs cherchent à savoir si le Gait Trainer a une efficacité supérieure, ou tout du moins égale, à celle du tapis roulant. Ils souhaitent également déterminer si ce système électromécanique requiert moins d'efforts pour les kinésithérapeutes et les patients.

Les 30 sujets sélectionnés pour l'essai clinique sont âgés en moyenne de 60 (\pm 10,3) ans et sont à 6,3 (\pm 3,1) semaines post-AVC. Ils remplissent les conditions suivantes : une FAC \leq 2, une extension passive de hanche et de genou $>$ 20°, être capable de tenir assis sans appui et comprendre les consignes données, ne pas présenter de troubles cardiaques.

L'étude menée est contrôlée, randomisée et croisée. Le groupe 1 suit le schéma A-B-A et le groupe 2 le schéma B-A-B. Le traitement A correspond à deux semaines d'entraînement sur Gait Trainer et le traitement B à deux semaines sur tapis roulant avec système d'allègement du poids du corps. Le temps passé sur les dispositifs est de 15-20 min. par séance, 5 fois par semaine. En dehors de ce protocole, tous les patients suivent chaque jour leur programme de rééducation (45 minutes) qui suit l'approche neurodéveloppementale de Bobath.

Concernant les principaux critères d'évaluation de l'état des patients au début et à la fin de l'étude, la FAC (Functional Ambulation Classification) est utilisée afin d'estimer la capacité de marche et le test de 10m pour calculer la vitesse de marche. Un enregistrement vidéo des séances permet de déterminer le niveau d'assistance physique requis pour chaque système. Pour les variables secondaires, le score RMA (Rivermead Motor Assessment) est utilisé afin d'évaluer le handicap moteur et l'échelle d'Asworth modifiée pour coter la spasticité du triceps sural.

Les résultats montrent une amélioration de la FAC, de la vitesse de marche et du score Rivermead dans les deux groupes. En revanche la spasticité du triceps sural n'est pas modifiée. L'analyse intergroupes montre que les patients du groupe 1 ont significativement augmenté leur FAC par rapport au groupe 2 ($P=0,018$). Ce résultat concorde avec la clinique : 12 patients sur 15 ont amélioré leur capacité de marche dans le groupe 1 (Gait Trainer) contre seulement 4 patients sur 15 dans le groupe 2 (tapis roulant). Aucune différence entre les deux groupes n'est observée pour les autres variables.

Enfin, si un seul thérapeute est nécessaire pour assister le patient sur le Gait Trainer, il faut au minimum deux thérapeutes pour le tapis roulant. De plus, 23 participants (sur 30) préfèrent le Gait Trainer. Ils trouvent son utilisation moins exigeante et plus confortable car il requiert moins de manipulations pendant la rééducation.

Les auteurs concluent que le système Gait Trainer est une alternative au moins aussi efficace que le tapis roulant avec BWS dans la rééducation intensive de la marche après AVC. Son avantage semble provenir du moindre effort demandé et ressenti par les thérapeutes comparé à l'effort intense décrit pour assister les patients sur tapis roulant. Qui plus est, la majorité des patients préfère le Gait Trainer. D'autres études sont nécessaires pour comparer l'effet du Gait Trainer à la kinésithérapie conventionnelle.

➤ **Tong et al., « *Effectiveness of Gait Training Using an Electromechanical Gait Trainer, With and Without Functional Electric Stimulation, in Subacute Stroke* » (26)**

En 2006, l'étude de Tong et al. compare, dans l'AVC subaiguë, l'effet thérapeutique de la rééducation classique de la marche avec celui de l'entraînement électromécanique sur Gait Trainer ou bien du Gait Trainer couplé à l'électrostimulation fonctionnelle.

Cinquante personnes à moins de 6 semaines post-AVC participent à l'essai clinique. Toutes ont un déficit de marche (FAC < 3) et une amplitude passive de hanche, genou et cheville > 20°. Elles sont capables d'effectuer des ordres simples. Les participants ne présentent aucune autre maladie pouvant altérer leur capacité de marche.

L'essai contrôlé randomisé dure 4 semaines avec une séance de 20 min d'entraînement à la marche 5 jours par semaine. Le groupe CGT reçoit une rééducation conventionnelle basée sur les principes de facilitation proprioceptive neuromusculaire et le concept Bobath. Le groupe EGT utilise le Gait Trainer. La vitesse d'entraînement est relativement lente, entre 0,20 et 0,60 m/s. Enfin, le groupe FES-EGT reçoit une stimulation électrique fonctionnelle pendant l'entraînement sur Gait Trainer. Des électrodes sont placées au niveau du quadriceps et du nerf fibulaire commun afin de favoriser l'extension de genou et la dorsiflexion de cheville. En plus de ces séances, les trois groupes bénéficient chaque jour de 40 min de kinésithérapie conventionnelle.

Afin de mesurer l'effet des traitements, ils comparent les groupes au niveau de la capacité de marche (FAC), de la mobilité générale (Elderly Mobility Scale, EMS), de la vitesse de marche (test des 5m), des déficiences motrices (Motricity Index, MI), de l'équilibre (échelle de Berg) et des activités de la vie quotidienne (indice de Barthel).

Les résultats montrent que les groupes EGT et FES-EGT ont amélioré significativement leur capacité de marche, leur mobilité et leur vitesse de marche comparé au groupe CGT. Mais aucune différence significative n'est constatée entre les groupes EGT et FES-EGT. Concernant l'équilibre et les activités de la vie quotidienne, les différences observées entre les groupes qui utilisent ou non le Gait Trainer ne sont statistiquement pas significatives.

Les auteurs concluent que le Gait Trainer, couplé ou non à l'électrostimulation fonctionnelle et associé à la rééducation classique de la marche, semble avoir un effet supérieur sur la restauration des capacités de marche que la pratique de la rééducation conventionnelle seule.

➤ **Husemann et al. « *Effects of Locomotion Training With Assistance of a Robot-Driven Gait Orthosis in Hemiparetic Patients After Stroke* » (27)**

En 2007, Husemann et al. comparent les effets de l'entraînement à la marche par le système robotisé Lokomat avec la rééducation classique orientée sur la marche.

Ils mènent une étude pilote contrôlée randomisée sur 30 sujets post-AVC. Les participants présentent une hémiparésie sévère (cotation ≤ 3 pour plus de deux groupes musculaires du membre inférieur et une FAC ≤ 1). Il s'agit de leur premier AVC et ils ne sont pas atteints d'une autre maladie neurologique ou orthopédique qui puissent affecter leur marche.

Le groupe expérimental reçoit 30 min d'entraînement robotisé de la marche. Le Lokomat est réglé à la vitesse maximum tolérée par le patient. L'allègement du poids du corps démarre à 30 %, puis est progressivement diminué. Le kinésithérapeute par ses encouragements motive les patients à participer aux mouvements. Le groupe contrôle reçoit 30 min de rééducation classique centrée

sur la marche avec des exercices de stabilisation du tronc, de mise en charge sur le membre parétique et d'initiation du pas. Le tapis roulant est utilisé dès que possible. Chaque groupe (expérimental et contrôle) reçoit en plus 30 min de rééducation. Ce protocole est mis en place 5x/semaine pendant 4 semaines.

Les effets potentiels du Lokomat sont évalués par les critères suivants : le niveau d'indépendance à la marche (FAC), la vitesse de marche (test 10m), le tonus musculaire (échelle d'Ashworth modifiée), les activités de la vie quotidienne (indice de Barthel). Les paramètres de marche (cadence, durée du pas, durée du temps portant) sont recueillis par mesure de la pression plantaire avec le système ParoTec (annexe VII). La composition des tissus corporels est aussi étudiée.

A la fin du traitement, la capacité de marche (FAC) des patients s'est significativement améliorée dans les deux groupes ($P = 0,01$). En revanche il n'y a pas eu de différence significative entre les groupes. Néanmoins, le groupe expérimental a significativement augmenté son temps de simple appui sur le membre inférieur parétique lors de la marche au sol contrairement au groupe contrôle : $0.19 \text{ sec} \pm 0.17$ au début et $0.49 \text{ sec} \pm 0.07$ à la fin du protocole ($P = 0.014$). Concernant la composition des tissus corporels, les patients du groupe contrôle ont augmenté leur poids en grande partie de masse grasse ($P = 0,046$), tandis que le groupe expérimental reste en moyenne au même poids mais a perdu en masse grasse ($P=0,016$) et gagné en masse musculaire ($P = 0,031$).

Les auteurs concluent que le système robotisé Lokomat constitue un outil prometteur dans la rééducation de la marche. Aucun traitement ne se démarque pour restaurer la marche. Cependant, le groupe expérimental (entraînement robotisé) montre un bénéfice supérieur sur le gain en masse musculaire et les paramètres de marche chez des patients non-marchants présentant une sévère hémiparésie.

➤ **Morone et al., « *Who may benefit from robotic-assisted gait training ?* » (28)**

En 2011, Morone et al. cherchent à déterminer quelle population, en phase subaiguë d'AVC, bénéficie le plus d'une rééducation robotisée. Pour cela ils étudient l'efficacité du Gait Trainer en fonction des capacités motrices initiales des patients.

L'étude menée comprend 48 sujets non-marchants en phase subaiguë post-AVC. Premièrement, les participants sont séparés en 2 catégories selon leur déficience motrice : faible capacité motrice (FM) et haute capacité motrice (HM), soit respectivement un score $<$ et \geq à 29 au Motricity Index. Secondairement, la randomisation les sépare en deux sous-groupes afin de déterminer ceux qui utilisent le Gait Trainer (GT) ou ceux qui suivent la kinésithérapie conventionnelle (KC). 4 groupes sont ainsi obtenus : FM-GT, HM-GT, FM-KC, HM-KC. L'entraînement à la marche assisté par robotique est réalisé 5 fois par semaine pendant 4 semaines.

Pour mesurer l'effet de la rééducation, les variables suivantes sont évaluées : la capacité de marche avec la FAC, la mobilité générale avec le score Rivermead, et les activités de la vie quotidienne avec l'indice de Barthel.

Les résultats montrent que le groupe à faible motricité utilisant le Gait Trainer a significativement amélioré la FAC ($P < 0,001$), le RMI ($P = 0,001$) et l'indice de Barthel ($P = 0,005$) comparé au groupe suivant la rééducation conventionnelle. Cependant, aucune différence n'est observée entre la rééducation robotisée et la rééducation conventionnelle dans le groupe à haute capacité motrice.

Les auteurs concluent que les patients avec de sévères déficiences motrices en phase subaiguë d'un AVC semblent constituer la population qui tire le plus grand bénéfice de la rééducation de la marche sur Gait Trainer. Une étude serait nécessaire pour voir si ces bénéfices persistent au long terme.

➤ **Pohl et al. « *Repetitive locomotor training and physiotherapy improve walking and basic activities of daily living after stroke* » (29)**

En 2007, la Deutsche Gangtrainer Studie (DEGAS) publie une étude randomisée contrôlée multicentrique (quatre centres de rééducation neurologique allemands). L'objectif est d'évaluer l'effet du traitement combiné Gait Trainer - kinésithérapie classique sur la restauration de la marche et les activités de la vie quotidienne et de le comparer à la kinésithérapie classique seule.

Les 155 participants ont entre 18 et 77 ans et sont à moins de 60 jours de leur AVC. Ils sont incapables de marcher ou bien nécessitent l'aide d'un ou deux thérapeutes. L'équilibre assis sans support est nécessaire ainsi qu'une bonne compréhension des instructions. Les patients présentant les caractéristiques suivantes sont exclus de l'étude : un état cardiovasculaire instable, des amplitudes articulaires passives restreintes (déficit d'extension de hanche et genou $> 20^\circ$, déficit de dorsiflexion $> 20^\circ$ pour la cheville) et la présence de maladies neurologiques ou orthopédiques affectant la marche.

La randomisation les sépare en 2 groupes. Le groupe A (77 patients), reçoit 20 min d'entraînement sur Gait Trainer suivi de 25 min de kinésithérapie. La longueur de pas est de 48 cm et la cadence est réglée pour que la vitesse soit confortable pour le patient (1,4 à 1,8 km/h). L'allègement du poids du corps est débuté entre 10 et 20 %, puis est progressivement diminué. Le groupe B (78 patients), reçoit une prise en charge fondée sur des techniques de kinésithérapie plus classique, comprenant un travail de posture et de marche au sol. Le protocole est mis en place 5x/semaine pendant 4 semaines.

Deux variables principales sont utilisées afin de mesurer l'effet du traitement : la capacité de marche (FAC) et les aptitudes dans les activités quotidiennes (indice de Barthel). Pour prétendre à une amélioration, les sujets doivent obtenir une FAC ≥ 4 et un indice de Barthel ≥ 75 à la fin de l'intervention. Des variables secondaires sont définies : la vitesse de marche, l'endurance, la mobilité et la force musculaire des membres inférieurs.

L'analyse des résultats révèle une amélioration significative des capacités de marche du groupe A par rapport au groupe B. En effet, 41 patients sur 77 (53,3%) ont une marche indépendante (FAC ≥ 4) contre 17 sur 78 (21,8%) dans le groupe B ($P < 0,0001$). L'indice de Barthel est aussi significativement augmenté : 44 patients sur 77 atteignent un score ≥ 75 dans le groupe A contre 21 sur 78 dans le groupe B ($P < 0,0001$). Enfin, une amélioration significative des variables secondaires est constatée ($P < 0,0001$).

A six mois, la différence concernant la capacité de marche persiste entre les groupes (54/77 versus 28/78, $P < 0,0001$). À contrario, la différence n'est plus retrouvée pour l'indice de Barthel, la vitesse de marche, la mobilité et la force musculaire des membres inférieurs.

Les auteurs concluent qu'un entraînement à la marche intensif sur un système mécanisé associé à la kinésithérapie classique semble accroître significativement les capacités de marche et les activités de la vie quotidienne chez des patients en phase subaiguë d'AVC comparé à la kinésithérapie classique seule. Selon eux, l'intensité élevée de la rééducation, en phase avec les principes modernes de la tâche orientée et de l'apprentissage moteur, pourrait expliquer les meilleurs résultats obtenus par les sujets utilisant le Gait Trainer.

II.2.3 Synthèse

Tableau 1 : Caractéristiques des patients au début de l'essai clinique

	GROUPE EXPERIMENTAL				GROUPE TEMOIN			
	Age moyen	Sexe	Temps post-AVC	Hémiplégie	Age moyen	Sexe	Temps post-AVC	Hémiplégie
Husemann 2007	60 ± 13 ans	H = 11 F = 5	79 ± 56 jours	D = 12 G = 4	57 ± 11 ans	H = 10 F = 4	89 ± 61 jours	D = 11 G = 3
Morone 2011	62 ± 11 ans	H = 15 F = 9	19 ± 11 jours	D = 13 G = 11	62 ± 14 ans	H = 13 F = 11	20 ± 14 jours	D = 15 G = 9
Pohl 2007	62 ± 12 ans	H = 50 F = 27	4,2 ± 1,8 semaines	D = 36 G = 41	64 ± 11 ans	H = 54 F = 24	4,5 ± 1,9 semaines	D = 33 G = 45
Tong 2006	64 ± 10 ans	H = 12 F = 8	2,7 ± 1,2 semaines	D = 13 G = 17	71 ± 14 ans	H = 19 F = 11	2,5 ± 1,2 semaines	D = 7 G = 13
Werner 2002	60 ± 9 ans	H = 8 F = 7	7,4 ± 2,0 semaines	D = 8 G = 7	60 ± 9 ans	H = 5 F = 10	6,9 ± 2,1 semaines	D = 8 G = 7

H = homme, F = femme, D = droit, G = gauche

Dans une étude comparative ou contrôlée, les patients sont répartis en 2 groupes. Le groupe expérimental reçoit le traitement évalué. Il correspond ici à l'utilisation d'une assistance électromécanique pour l'entraînement à la marche. Le groupe témoin reçoit le traitement de référence, c'est-à-dire ici la rééducation conventionnelle.

Un tirage au sort répartit les patients dans l'un des groupes, c'est la randomisation. Il détermine quel traitement va recevoir le patient, évitant ainsi l'attribution de patients plus sévères dans un groupe. Les deux groupes obtenus au début de l'étude sont donc semblables, avec des facteurs pronostiques équilibrés. Ainsi, seul l'effet du traitement étudié sera responsable de l'amélioration des patients en fin d'étude.

Le principe du double aveugle permet d'éviter que les sujets et les rééducateurs ne modifient leur comportement ou leur prise en charge et influent sur le résultat. Il n'est pas possible de l'appliquer ici, les patients et les thérapeutes utilisant ou non les systèmes robotisés. L'évaluation des critères de jugements principaux des études, au début et à la fin des études, se fait alors par un thérapeute en aveugle.

Les cinq études sélectionnées sont contrôlées et randomisées. Au début du traitement, les groupes sont homogènes (Tableau 1). Seul l'essai clinique de Tong et al. montre une différence : les patients du groupe témoin sont plus âgés que les patients du groupe expérimental.

Les patients sont dans la phase aiguë ou subaiguë de l'AVC. Ils ne présentent pas de troubles cardiaques sévères. L'amplitude passive de hanche et genou est $> 20^\circ$ afin de pouvoir effectuer correctement le cycle de marche. Une bonne compréhension du patient est nécessaire pour le bon déroulement du protocole. Afin de ne pas fausser les résultats, les patients ne présentent aucune autre pathologie pouvant entraîner une perturbation des capacités de marche.

A la vue de ces éléments, les études présentent un risque minime de biais, et donc une bonne validité interne. L'étude de Morone et al. est cotée à 6/10 sur l'échelle de PEDro. Les études de Husemann et al., Werner et al., Tong et al. et Pohl et al. sont quant à elles notées 7/10.

Tableau 2 : Protocoles mis en place

	Dispositif électromécanique	Durée de l'intervention	Intensité du traitement	Intervention témoin
Werner 2002	Gait Trainer	6 semaines	20 minutes 5x/semaines	Tapis roulant + BWS
Tong 2006	Gait Trainer	4 semaines	20 minutes 5x/semaines	Rééducation conventionnelle
Husemann 2007	Lokomat	4 semaines	30 minutes 5x/semaine	Rééducation conventionnelle + Tapis roulant
Morone 2011	Gait Trainer	4 semaines	40 minutes 5x/semaines	Rééducation conventionnelle
Pohl 2007	Gait Trainer	4 semaines	20 minutes 5x/semaines	Rééducation conventionnelle

Parmi les cinq études sélectionnées, quatre utilisent le Gait Trainer (Werner et al. 2002, Tong et al. 2006, Morone et al. 2011, Pohl et al. 2007) et une le Lokomat (Husemann et al. 2007). Les essais cliniques durent 4 semaines. Pour l'étude de Werner et al., le groupe expérimental passe 4 semaines d'entraînement sur Gait Trainer et 2 sur tapis roulant. (Tableau 2)

A l'exception de l'étude de Werner et al., toutes comparent l'effet d'un dispositif électromécanique associé à la kinésithérapie conventionnelle avec l'effet de la kinésithérapie conventionnelle seule dans la rééducation de la marche. Cette dernière se base sur les principes de facilitation proprioceptive neuromusculaire et le concept Bobath. Les exercices sont axés sur la reprise de la marche : stabilité du tronc, transfert du poids côté hémiplégique et le travail des différents paramètres de marche entre les barres parallèles.

L'entraînement à la marche assisté par robotique dure 20 minutes dans trois études (Werner et al. 2002, Tong et al. 2006, Pohl et al. 2007) mais ce temps est doublé dans une autre (Morone et al. 2011). Une durée intermédiaire de 30 minutes est proposée par Husemann et al. En plus, tous les patients suivent leur séance quotidienne de kinésithérapie conventionnelle. Le temps global de rééducation est similaire dans le groupe expérimental et le groupe témoin.

Certains participants sont sortis des essais cliniques pour raisons médicales (instabilité cardiovasculaire, tumeurs, augmentation de la pression intracrânienne, infarctus du myocarde, embolie pulmonaire). Un patient suivant la rééducation conventionnelle de la marche au sol s'est retiré du protocole pour des douleurs aux membres inférieurs (Pohl et al. 2007). Deux patients utilisant le Lokomat sont sortis de l'étude pour des lésions de la peau (Husemann et al. 2007).

Hormis Werner et al. qui ne rapportent aucun abandon, les études ont utilisé le principe d'analyse en intention de traiter, c'est-à-dire que l'analyse des résultats porte sur le nombre initial de patients randomisés. Un score de 0 ou le dernier résultat disponible est attribué aux patients qui ont abandonné l'essai.

Tableau 3 : Analyse intergroupes des critères de jugement

	Husemann 2007	Morone 2011	Pohl 2007	Tong 2006	Werner 2002
Capacité de marche					
↗ FAC	n.s	P = 0,001	P < 0,0001	P = 0,005	P = 0,018
Paramètres de marche					
↗ Vitesse marche	n.s	/	P < 0,0001	P = 0,011	n.s
↗ Phase portante	P = 0,014	/	/	/	/
Activité musculaire					
↗ Motricity Index	n.s	/	P < 0,0001	n.s	/
↗ Masse musculaire	P = 0,031	/	/	/	/
Spasticité	=	/	/	/	=
Niveau fonctionnel					
↗ Indice de Barthel	n.s	P = 0,005	P < 0,0001	n.s	/
↗ RMA/RMI/EMS	/	P = 0,001	P < 0,0001	P = 0,006	n.s

n.s = non significatif

Il est important de noter que tous les groupes ont amélioré les critères de jugement à la fin du traitement. Maintenant, il est intéressant de comparer l'amélioration du groupe utilisant une assistance électromécanique avec celle du groupe suivant la rééducation conventionnelle (Tableau 3). Pour la restauration de la marche, ces nouveaux systèmes sont-ils plus bénéfiques que la rééducation classique ? Dans un premier temps, nous allons étudier les deux critères de jugement principaux sélectionnés au départ avant de commencer la recherche dans la littérature scientifique.

D'une part, la FAC évalue la capacité de marche des patients et détermine les patients incapables de marcher au début qui ont restauré une marche indépendante à la fin du traitement. Sur ce critère d'évaluation, quatre des cinq études ont trouvé une différence statistiquement significative, c'est-à-dire non attribuable au hasard, en faveur du groupe utilisant les systèmes robotisés (Morone et al. 2011 : 4.0 ± 0.9 contre 2.1 ± 1.2 , Pohl et al. 2007, Tong et al. 2006 : 3.0 ± 1 contre 2.0 ± 2 , Werner et al. 2002). Dans l'étude de Pohl et al., avec une taille d'échantillon importante, 41 des 77 patients ayant utilisé le Gait Trainer peuvent marcher de façon autonome à la fin du protocole contre seulement 17 sur 78 patients qui ont suivi la rééducation conventionnelle. Seul Husemann et al. n'ont pas trouvé de différence significative entre les groupes. Selon les auteurs, la taille de l'échantillon n'est pas suffisante pour être représentative.

D'autre part, l'indice de Barthel évalue la répercussion de l'amélioration des capacités de marche sur les activités de la vie quotidienne du patient, soit le bénéfice sur le plan fonctionnel. A ce niveau, les résultats sont moins tranchés. Deux études constatent une différence significative dans l'amélioration du score de Barthel, en faveur des assistances électromécaniques (Morone et al. 2011 : 69.6 ± 15.1 contre 52.1 ± 14.1 et Pohl et al. 2007 : 44 patients sur 77 atteignent un score $\geq 75/100$ contre 21 patients sur 78). Deux autres études n'observent aucune différence entre les groupes (Husemann et al. 2007 et Tong et al. 2006). Il est difficile de se prononcer sur l'apport réel, supplémentaire, apporté par les systèmes robotisés sur les activités de la vie quotidienne. La capacité de marche obtenue après l'entraînement robotisé est-elle conservée une fois que le patient reprend la marche au sol ? Est-elle transposable dans sa vie de tous les jours ?

Concernant les critères de jugement secondaires, Pohl et al. notent une amélioration significative de la force musculaire des membres inférieurs (32.3 ± 22.6 contre 53.8 ± 25.1 au

Motor Index) des patients ayant suivi un entraînement robotisé de la marche. Aucune différence significative n'est retrouvée entre les deux groupes dans les études de Husemann et al. ainsi que Tong et al. Néanmoins, Husemann et al. observent une augmentation de la masse musculaire (3.36 ± 1.4 kg) chez les sujets qui utilisent les assistances électromécaniques, ainsi qu'une amélioration des paramètres de marche avec une augmentation du temps portant coté hémiplégique (début : 0.19 ± 0.17 sec ; fin : 0.49 ± 0.07 sec). En revanche, la vitesse de marche n'est pas augmentée. A contrario, Pohl et al. et Tong et al. ont quant à eux mis en évidence une augmentation significative de la vitesse de marche (début : 0.13 ± 0.17 m/s ; fin : 0.44 ± 0.47 m/s, Pohl et al.). Deux études étudient le tonus musculaire. La spasticité n'est pas modifiée dans les deux cas (Husemann et al., Werner et al.). Enfin, sur le plan fonctionnel, il y a une amélioration significative générale de la mobilité des patients. Ils augmentent leur score que ce soit au RMA (Rivermead Motor Assessment), RMI (Rivermead Mobility Index) ou EMS (Elderly Mobility Scale).

III. Problématique et hypothèses de recherche

III.1 Influence des systèmes motorisés sur la récupération de la marche

L'actualisation des connaissances de la littérature scientifique a souligné l'intérêt grandissant porté à la robotique dans la rééducation de la marche après AVC. Elle a mis en évidence une population cible, qui semble tirer le plus grand bénéfice de ce traitement. La problématique du travail mené est la suivante :

« Quel est l'effet de l'entraînement robotisé sur la restauration des capacités de marche des patients non-marchants en phase subaiguë post-AVC ? »

L'objectif est d'étudier l'effet des assistances électromécaniques associées à la rééducation conventionnelle, chez les patients qui sont incapables de marcher. Nous avons eu l'occasion d'utiliser l'une de ces assistances, le système LokoHelp-Pedago, sur un patient hémiparétique et au déficit moteur sévère, en phase subaiguë, qui remplissait les conditions d'utilisation du système robotisé. Il semble intéressant de vérifier si nous obtenons des résultats similaires aux données recueillies dans la littérature scientifique.

Nous avons vu précédemment quelques études qui se sont interrogées sur ce sujet, certaines avec le dispositif Gait Tainer (Werner et al. 2002, Tong et al. 2006, Morone et al. 2011 et Pohl et al. 2007), une autre avec le Lokomat (Husemann et al. 2007). Les hypothèses de départ se basent sur les résultats de ces études.

III.2 Hypothèses

Comparé à la rééducation conventionnelle seule, l'entraînement à la marche assisté par robotique associé à la kinésithérapie conventionnelle semble montrer une efficacité supérieure sur la restauration des capacités de marche des patients en phase subaiguë d'AVC incapables de marcher.

La marche robotisée se caractérise par une répétition, passive et continue, du cycle complexe de marche. Elle permet une rééducation précoce, intensive, en tâche-orientée. En reproduisant une marche quasi physiologique, elle pourrait réveiller l'automatisme de marche puis améliorer celle-ci. Ainsi, l'utilisation d'un système robotisé permettrait d'augmenter la capacité de marche puis la vitesse de marche, la force musculaire, la mobilité générale et les aptitudes dans les activités de la vie quotidienne des patients.

CAS CLINIQUE

Le système LokoHelp-Pedago, présenté dans le cas clinique qui va suivre, a fait l'objet d'une étude de cas afin d'évaluer la faisabilité de son utilisation dans l'entraînement locomoteur de patients neurologiques (Freivogel et al. 2008) (23). Les six participants (AVC, lésion médullaire, lésion cérébrale) réalisent 20 séances d'entraînement robotisé sur une période de 6 semaines, à raison de 2 à 5x par semaine. Aucun évènement indésirable n'est rapporté mis à part une sensation d'inconfort au niveau du pli de l'aîne due au frottement du harnais (BWS). Les auteurs concluent que la rééducation de la marche avec le système LokoHelp est possible chez des patients ayant une marche altérée après AVC, lésion médullaire ou lésion cérébrale. Celui-ci diminue l'effort des thérapeutes lors de la rééducation.

Le cas clinique est effectué sur une période de 4 semaines sur le plateau de rééducation neurologique de Quimper. Le patient bénéficie de 8 séances d'une heure de kinésithérapie par semaine. En hospitalisation complète, il reçoit une prise en charge pluridisciplinaire comprenant en plus des soins médicaux de l'orthophonie, de l'ergothérapie et un soutien psychologique.

Un bilan est réalisé le 23/03/2015 au début de ma prise en charge de M. G. Il est alors à J-59 de son accident vasculaire cérébral. Une présentation de M. G. et des informations essentielles du bilan pour la récupération de la marche sont décrites ci-dessous. Le reste du bilan est proposé en annexe (annexe VIII).

I. Présentation du patient

M. G., né le 12/07/1947, 67 ans, est victime d'un accident vasculaire cérébral hémorragique au volant de sa voiture le 23 janvier 2015. Il est hospitalisé au centre de rééducation neurologique depuis un mois pour la poursuite d'une prise en charge rééducative d'un déficit d'hémiplégie gauche sur hémorragie intra-parenchymateuse capsulo-thalamique droite stable.

M. G. est droitier. Ancien marin pêcheur, il est aujourd'hui retraité. Il continue la pêche en loisir, fait les courses et la cuisine. Il vit avec son épouse au Guilvinec, dans une maison avec chambre et salle de bain à l'étage. Le rez-de-chaussée, accessible par trois marches, est équipé d'un bureau et d'une salle d'eau. Ses 2 enfants habitent à proximité. Ses antécédents médicaux se résument à une cardiopathie rythmique traitée par Xarelto 20mg. Une ceinture lombaire lui a été prescrite pour des douleurs lombaires.

M. G. ne présente aucun trouble de la compréhension. En revanche, il a une négligence spatiale unilatérale gauche qui rend difficile sa participation dans la rééducation. Effectuer les exercices correctement lui demande un grand effort de concentration et entraîne rapidement une fatigabilité. Les troubles de la sensibilité, dans toutes les modalités, sont en cours de récupération au niveau des racines des membres. Au membre inférieur, il n'a aucune commande motrice volontaire au niveau des releveurs, des fibulaires et des fléchisseurs plantaires. La motricité est, de plus, perturbée par la spasticité et la tendance au schème en triple extension. Un début de récupération motrice est noté au niveau de la hanche et du genou : les muscles sont cotés entre 2 et 3 sur l'échelle de Held et Pierrot Desseilligny.

Ces déficiences limitent M. G. aussi bien en termes de capacité que de performance. La marche n'est pas encore envisagée (FAC = 0). Ayant un équilibre assis coté à 4 sur l'échelle posturale assise, il remplit les conditions pour le passage à la station érigée. Les troubles de la sensibilité, de la commande motrice, ainsi que l'héminégligence gauche ne permettent pas pour l'instant au

patient d'avoir un équilibre postural debout. De plus, le report du poids sur le côté hémiplégié est insuffisant.

M. G. se déplace en fauteuil roulant à propulsion podale. Lors de ses déplacements, il se place largement à droite dans les couloirs et les allées du plateau technique, se cogne régulièrement dans l'encadrement des portes et éprouve des difficultés dans les trajectoires, frôlant les coins de tables ou de lits. La négligence unilatérale gauche que présente M. G. est en partie responsable de ses difficultés à se situer dans l'espace. Ses troubles de l'attention le pénalisent lors des transferts. Les transferts assis-assis et lit-fauteuil ne sont pas encore acquis. L'attention de M. G. se dissipe facilement et il se fatigue rapidement.

De par son impotence fonctionnelle du membre supérieur gauche et de la négligence de l'hémicorps et de l'espace gauche, une aide importante est nécessaire à la toilette, l'habillage et l'alimentation. Avec un score de 15/100 à l'indice de Barthel, il est très dépendant dans ses activités de la vie quotidienne. M. G. n'est pas autorisé à rentrer chez lui le weekend.

M. G. est conscient de son état actuel. Il est suivi par une psychologue, suivi qu'il dit nécessaire pour s'exprimer et supporter sa situation. Il est compliant et souhaite une récupération maximale. Son objectif immédiat est de pouvoir rentrer un weekend à la maison. Son moral, très variable, est affecté par le contraste entre ses attentes et sa progression qu'il considère trop lente.

II. Traitements

II.1 Rééducation classique

- Etirements, mobilisations et exercices sur plan Bobath

Ces exercices sont proposés lors de séances matinales de 40 min. Leur but est d'éviter l'enraidissement articulaire, les rétractions musculaires et de réguler le tonus des muscles spastiques afin de préserver un schéma de marche correct. Ils sont tous réalisés en décubitus dorsal. Le kinésithérapeute est placé à gauche de M. G. pour attirer son attention. Il lui ait constamment rappelé d'orienter son visage et son regard vers la gauche, de regarder ses membres lors des mouvements afin de participer au maximum aux exercices.

Au niveau du membre inférieur, les articulations de la hanche, du genou et de la cheville sont mobilisées passivement ou en actif-aidé selon les possibilités de M. G. dans toutes les composantes et amplitudes du mouvement. Des étirements lents et passifs sont réalisés sur les muscles spastiques (adducteurs, quadriceps, ischio-jambiers, triceps sural). Des postures d'inhibition sont réalisées sur l'hémicorps gauche afin de faciliter la stimulation de la commande motrice en inhibant l'excès de tonus musculaire. Les mêmes techniques sont appliquées au membre supérieur avec précaution pour ne pas aggraver le syndrome épaule-main.

Le travail de rotation des ceintures est débuté : M. G., genoux pliés, emmène alternativement ses genoux vers l'extérieur puis les ramène. Il doit contrôler la chute du genou lors des rotations externe et interne pour atteindre la main du kinésithérapeute en douceur. Pour acquérir le verrouillage des genoux, il est demandé à M. G. de tendre la jambe, soutenue partiellement par le kinésithérapeute, et d'essayer de la garder tendue quelques secondes avant de freiner la descente. Le ponté pelvien est proposé pour le renforcement des abdos, des fessiers et améliorer le contrôle le bassin. Par série de 5, le patient soulève les fesses pendant 6 secondes. Un maintien du pied gauche est nécessaire. Des déséquilibres adaptés sont réalisés par le kinésithérapeute.

- Apprentissage des transferts

Le passage du fauteuil au plan Bobath et inversement est utilisé pour l'apprentissage du transfert assis-assis. Un premier temps est consacré à la préparation du transfert : positionner le fauteuil avec le côté sain près de la table, mettre les freins, mettre en place l'écharpe, enlever les accoudoirs, enlever le pied du repose pied et bien positionner celui-ci dans sa position finale. Ensuite, M. G. doit avancer les fesses au maximum dans le fauteuil, aller chercher la table le plus loin possible avec son membre supérieur droit, se pencher légèrement en avant, et pousser sur ses membres inférieurs. Le temps le plus difficile pour lui est de penser à tourner la tête à gauche afin de faciliter le soulèvement de l'hémibassin droit par transfert du poids à gauche, pour pouvoir réaliser correctement le transfert sur le plan Bobath.

Pendant la prise en charge de M. G., le transfert assis-debout est débuté devant l'espalier. Il est découpé en une succession d'étapes : rapprocher les fesses au bord du fauteuil, reculer les pieds, attraper un barreau de l'espalier avec la main droite, la gauche étant maintenue dans l'écharpe, se pencher en avant tout en exerçant une poussée sur les membres inférieurs. Au début de l'apprentissage, le patient réalise 3 répétitions avec un temps de maintien de 3 secondes. Le kinésithérapeute se tient à la gauche de M. G., exerçant un contre appui au niveau du genou gauche pour éviter tout dérobement. Le contrôle du genou est ainsi travaillé comme le renforcement des membres inférieurs : travail concentrique pour le lever, excentrique pour freiner la descente, souvent trop brutale chez le patient. Au fur et à mesure, le transfert assis-debout s'effectue devant une table, la table servant de point d'appui au membre supérieur droit. Ceci empêche le patient de s'agripper aux barreaux de l'espalier et d'exercer une traction vers lui qui le déséquilibre en arrière. Une tenue de 10 secondes est recherchée lors des répétitions.

La répétition a permis à M. G. d'acquérir un automatisme et un équilibre dynamique. Les transferts sont réalisés avec plus d'assurance. Au fur et à mesure des séances les consignes sont diminuées. Une simple guidance verbale est nécessaire à la fin de la prise en charge. Cela demande un haut niveau de concentration et d'attention à M. G. Il faut donc faire attention à sa fatigabilité rapide.

- Verticalisation

M. G. est mis au standing ou au lit verticalisé pendant 15 à 20 min. En effet la verticalisation est conseillée dans les cas de maladie menant à un alitement de longue durée, ou de transferts difficiles du patient. Elle contribue à la stimulation du patient, à lutter contre l'ostéoporose et tous les troubles liés à l'immobilité de manière générale en améliorant les fonctions vitales : système digestif, musculaire, respiratoire, cardio-vasculaire. Le transfert du poids sur le membre hémiplégique ainsi que le contrôle du genou y sont travaillés en sécurité.

- Thérapie par le mouvement

M. G. a des séances de 15 min de MOTomed : entraînement des jambes. « *L'entraîneur de mouvement assisté par le moteur aide à réapprendre des schémas de mouvements perdus. En même temps la force musculaire, l'endurance et la coordination sont entraînées et les spasmes peuvent être réduits.* » (30). Le MOTomed bénéficie d'un système de pédalage en continu et sans à-coups. Au début de la prise en charge la résistance au niveau des pédales est réglée sur 4. Elle est progressivement augmentée jusqu'à 6. Durant l'exercice des informations apparaissent sur l'écran telles que la tension musculaire, les performances en Watts, la distance parcourue ainsi que la symétrie approximative entre les membres inférieurs. La consigne donnée à M. G. est d'atteindre un ratio de 50-50 en force exercée pour atteindre un équilibre entre les deux membres inférieurs.

II.2 Rééducation robotisée

II.2.1 Présentation générale du Gait Trainer LokoHelp Pedago



Figure 2 : Système LokoHelp Pedago²

L'ensemble du système Gait Trainer LokoHelp Pedago (Figure 2) constitue l'une des assistances électromécaniques utilisées dans la rééducation des patients atteints de troubles de l'appareil locomoteur. (31) (23) Il se compose de :

- 1) Une rampe d'accès : permet d'amener les patients en fauteuil roulant jusqu'au bord du tapis roulant
- 2) La LokoStation WOODWAY : un tapis roulant à lames
- 3) Le LokoHelp Pedago : Le mouvement des porte-orthèses du Pedago simule la marche. Ces porte-orthèses permettent à l'aide d'orthèses jambières (= end-effector) de fixer les pieds du patient. L'orthèse maintient le pied à un angle de 90° par rapport à la jambe, et monte jusqu'en dessous du genou. Elle est harmonisée avec le tapis roulant et permet le mouvement indépendant des jambes selon une démarche physiologique. Les jambes du patient peuvent être dépourvues de force. Le mouvement est réalisé par le Pedago.
- 4) Le LokoBasic : un système de délestage du poids du corps. Un harnais permet au patient de rester en suspension en position verticale, au-dessus du tapis, délesté de tout ou d'une partie de son poids. Il est positionné autour du haut du corps et des hanches du patient.

Le système présente les paramètres suivants : la vitesse de marche, la distance parcourue et le temps écoulé. Les données sont affichées sur l'écran pivotant. Il est possible de régler la vitesse et d'arrêter le tapis roulant avec le clavier indépendant (annexe IX).

Deux interrupteurs d'arrêt d'urgence assurent la sécurité du patient. Un interrupteur est attaché au patient et arrête le tapis roulant en cas de coupure. Un interrupteur d'arrêt d'urgence, placé librement, peut être utilisé à tout moment par le patient ou le kinésithérapeute pour arrêter le tapis roulant.

² <http://www.woodway.com/products/lokohelp>

Les membres inférieurs du patient sont entraînés selon un modèle de marche physiologique. La simulation de la marche dépend du mouvement des orthèses du Pedago qui imitent le cycle de marche de façon continue.

Les objectifs principaux de ce système dans l'entraînement à la marche sont de récupérer une autonomie de marche (avec ou sans aide technique), d'augmenter la vitesse de marche et d'améliorer la qualité de la marche. Il présente également d'autres avantages : améliorer la mobilité, augmenter la force musculaire, améliorer l'équilibre tronc-tête ou bien encore diminuer la spasticité via le côté alternatif.

II.2.2 Conditions d'utilisation

Selon le fabricant, le patient doit remplir certaines conditions pour utiliser ce système :

- Un EPA à 4 (Equilibre Postural Assis) ;
- Une FAC \leq 2 (Functional Ambulation Classification) ;
- Stabilité cardio-vasculaire : 10 min de verticalisation sans chute de pression artérielle ;
- Pas de restriction de mobilité au niveau de la hanche et du genou ($> 30^\circ$) ;
- Une bonne compréhension des consignes.

Du fait de la suspension du patient, celui-ci doit avoir acquis un bon équilibre postural assis (sans appui postérieur, lors d'une poussée déséquilibrante et lors des mouvements de la tête et du tronc et des membres supérieurs). Le patient remplit alors les conditions pour le passage de la position assise à la position debout seul.

Si le patient présente une FAC > 2 , c'est à dire qu'il n'a besoin au minimum que d'un soutien verbal sans contact physique, il est préférable pour lui d'utiliser le tapis roulant seul.

Une bonne compréhension du patient est nécessaire afin de ne pas entraver le bon fonctionnement de l'appareil.

II.2.3 Installation de M. G.

Le harnais peut être enfilé en position debout ou assise. Pour des raisons de confort et de facilité M. G. est mis au standing. Le harnais, avec sa ceinture thoracique fermée par des velcros, est positionné autour du haut du corps et des hanches. Il faut vérifier le maintien solide et correct du harnais. Les boucles dans le dos doivent être serrées autant que possible, de sorte que les hanches se trouvent en position d'extension.

Ensuite, M. G. est amené en fauteuil roulant par la rampe sur le tapis roulant jusqu'au niveau du Pedago. Le patient est rapproché autant que possible du dispositif de levage. La distance entre les points de levage peut être corrigée selon la largeur d'épaules du patient. Avec les mousquetons, accrocher les œillets du harnais sur les câbles de levage. Corriger si besoin la longueur de câble de sorte à ajuster symétriquement la hauteur de suspension. Le délestage peut être défini différemment pour chaque côté (manivelles indépendantes). La fourchette de délestage s'étend de 0 à 120 kg.

Les pieds du patient sont placés dans les orthèses tibiales. Avant de les enfiler, ouvrir complètement les orthèses, desserrer toutes les lanières, ouvrir tous les velcros et ouvrir entièrement les doublures textiles des orthèses. Soulever légèrement la jambe du patient et placer l'orthèse contre la jambe depuis l'arrière, en positionnant le pied de sorte que le talon repose complètement à l'arrière de l'orthèse. Avec les velcros, commencer par fermer la doublure de l'orthèse, puis maintenir le pied avec le velcro situé sur le cou-de-pied. Serrer les lanières tibiales de sorte que la jambe soit maintenue solidement dans l'orthèse. Adapter le serrage au handicap

du patient : le maintien doit cependant être aussi solide que possible, sans pour autant couper la circulation du sang. Fixer les orthèses tibiales sur le LokoHelp Pedago. La fermeture (avec élément bloquant) sur le côté extérieur sert à fixer les orthèses sur le Pedago. La marque rouge sur l'élément bloquant montre que le verrouillage et le déverrouillage sont bien réalisés : si cette marque est visible, la fixation n'est pas dans une position adéquate.

M. G. est mis debout par l'activation du système de délestage jusqu'à la position parfaitement verticale. Les rambardes sont ajustées à hauteur de hanche et deux courroies élastiques sont positionnées de part et d'autre du bassin afin de corriger le centre de gravité et stabiliser les hanches. La position du centre de gravité est importante pour l'extension de la hanche et une démarche physiologique optimale. Le niveau doit être projeté devant l'axe de courbure et d'extension du genou en position debout. L'interrupteur magnétique d'arrêt d'urgence est fixé sur le patient à l'aide d'une pince sur ses vêtements. Terminer par retirer le fauteuil roulant (ou tout autre accessoire) de la rampe, du tapis roulant et du Pedago.

Avant de pouvoir démarrer le tapis, le système doit être mis sous tension depuis l'interrupteur principal situé sur le boîtier de commande du Pedago. Suivre ensuite les instructions qui apparaissent sur l'écran tactile. Après avoir démarré le Pedago, le tapis roulant doit être lancé dans les 999 secondes. Si le tapis roulant n'est pas démarré dans ce délai, le système s'arrête pour des raisons de sécurité.

Pour des raisons de sécurité, le système Pedago contrôle que les porte-orthèses ne soient pas surchargés. Pour ce faire, il est important de saisir le poids corporel du patient et la résistance pour chaque traitement. Le système calcule ensuite le couple nécessaire pour l'entraînement Pedago. Il est possible de régler un poids corporel compris entre 5 et 150kg. La valeur de la résistance permet de définir la « sensibilité à la surcharge » ou le « délai de réaction avant coupure pour surcharge ». Si la charge est dépassée, on part du principe que les porte-orthèses ont été bloqués mécaniquement (ex par spasticité). Dans ce cas, une coupure automatique de l'alimentation électrique arrête le tapis roulant et le Pedago.

Le délai de réaction dépend du poids, de la force et de la spasticité du patient, ainsi que de la vitesse de marche. La valeur de résistance doit être définie au cas par cas, pour chaque patient en fonction de sa force et de sa spasticité. Il est possible de régler une résistance comprise entre 1 et 60. Concernant M. G., on renseigne un poids de 75kg (70kg poids du patient + 5kg poids des orthèses) et une résistance de 35 (annexe IX).

Le tapis roulant est démarré et entraîne avec lui le Pedago. Avec la télécommande on règle la vitesse du tapis roulant, le maximum étant de 2km/h sur le système LokoHelp Pedago. L'écran du moniteur du tapis roulant affiche les paramètres de marche suivants : la vitesse, la distance parcourue et le temps écoulé. Les séances commencent à faible vitesse. La durée, la vitesse, et la charge du patient sont augmentées progressivement. Cette dernière est augmentée en diminuant le délestage du poids du corps. La décharge, progressive, va s'effectuer selon les capacités de verrouillage du genou et d'extension de hanche du patient pendant la phase d'appui.

Au terme de l'entraînement à la marche, arrêter le tapis avec le clavier. Commencer par faire redescendre M. G. dans le fauteuil roulant, puis décrocher le système de délestage et retirer les orthèses. Le faire redescendre de la rampe puis retirer le harnais et les orthèses tibiales.

II.2.4 Déroulement du protocole

Il est interdit de laisser le patient seul pendant l'entraînement à la marche avec le système LokoHelp Pedago. Le kinésithérapeute doit être présent pendant toute la durée du traitement. Il est recommandé de préciser au patient qu'il ne doit pas commander lui-même le système. Seul le

kinésithérapeute en est responsable. Il faut également préciser au patient qu'il ne doit utiliser le bouton d'arrêt d'urgence qu'en cas d'inconfort, de douleurs, de peur ou dans toute autre situation à risque.

Il a été donné comme consigne à M. G. de ne pas aller à l'encontre de l'appareil et de presser l'avant pied lors du passage du pas afin de favoriser l'extension de hanche. Positionné latéralement par rapport au patient, le kinésithérapeute vérifie la position de M. G., surveille le contrôle du genou et de par ses encouragements réguliers, essaie d'obtenir une participation la plus active possible.

M. G. est installé 3 fois par semaine sur le LokoHelp Pédago, pendant 4 semaines. L'utilisation de cette assistance électromécanique s'effectue le temps d'une séance de rééducation. Au vu de l'effort demandé, seul l'entraînement à la marche sur le système robotisé est demandé lors de ces séances. Une rééducation classique est pratiquée lors des 5 autres séances de la semaine.

Tableau 4 : Paramètres des séances d'entraînement sur le LokoHelp Pédago

Date	24/03	27/03	30/03	01/04	03/04	07/04	08/04	10/04	13/04	15/04	17/04
Vitesse (km/h)	1,4	1,4	1,4	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Distance (m)	235	376	500	655	655	655	655	262	655	655	655
Temps (min)	10	15	20	20	20	20	20	8	20	20	20

Au fur et à mesure, la vitesse du Pédago est augmentée, passant de 1,4 km/h à 1,8 km/h. La distance parcourue est alors augmentée, atteignant les 655 mètres lors d'une seule séance de rééducation (Tableau 4). Le temps d'utilisation maximum recommandé du système est de 20 min. Dans la séance, l'augmentation de la vitesse se fait progressivement. Les paramètres maximaux permis par le système sont rapidement atteints par M. G. L'une des séances a été écourtée, le patient ressentant une douleur à l'aîne, probablement due au frottement du harnais.

III. Discussion

A la fin du traitement, avec un score de 2 à la Functional Ambulation Classification (FAC), M. G. requiert l'aide permanente d'une personne durant la marche, nécessaire pour supporter le poids du corps, maintenir l'équilibre et faciliter la coordination. Ce résultat confirme notre hypothèse selon laquelle l'entraînement à la marche à assistance électromécanique améliore les capacités de marche et restaure celle-ci chez les patients incapables de marcher au départ (FAC à 0 au départ). Cela rejoint également les résultats des différentes études sur la rééducation de la marche des patients au déficit moteur sévère en phase subaiguë d'AVC, que ce soient celles utilisant le Gait Trainer (Werner et al., 2002 ; Tong et al., 2006 ; Pohl et al., 2007), le Lokomat (Husemann et al., 2007) ou bien le LokoHelp (Freivogel et al., 2008).

Plusieurs hypothèses peuvent expliquer ce résultat.

Dans un premier temps, ces systèmes robotisés permettent de reproduire le cycle complexe de la marche, se rapprochant ainsi d'une démarche normale. Ils répondent alors au principe du travail en tâche orientée. Il s'agit d'un entraînement répétitif et intensif. En effet, les dispositifs électromécaniques produisent une simulation des phases oscillantes et portantes du cycle de marche très proche de la physiologie. Des sangles attachées au harnais du BWS contrôlent le mouvement du centre de gravité. Lors d'une seule séance d'entraînement à la marche, M. G. peut parcourir une distance allant jusqu'à 650 mètres. Nous retrouvons une telle intensité d'entraînement dans la littérature : Pohl et al. rapportent dans leur étude que les patients utilisant le Gait Trainer réalisent 800 à 1200 pas par séance tandis que les patients qui suivent la rééducation conventionnelle de la marche au sol ne réalisent que 150 à 200 pas lors de la séance de rééducation. Un tel entraînement locomoteur, orienté vers la tâche (Barbeau et al., 2003) (32), répétitif et intensif est connu pour être un facteur essentiel dans récupération de la locomotion.

Dans un deuxième temps, l'augmentation de l'activité musculaire peut participer à la restauration de la marche. En 4 semaines, M. G. a globalement augmenté ses capacités motrices. Concernant la commande motrice volontaire, les grands groupes musculaires des membres inférieurs sont cotés à 3 et 4 sur l'échelle de Held et Pierrot Dessaigny. Cependant, les releveurs sont à 0 et la flexion plantaire à 1. Des résultats similaires sont observés dans la littérature. Pohl et al. ont montré une augmentation statistiquement significative de la motricité (Motricity index) chez les patients utilisant le Gait Trainer comparé à ceux suivant la rééducation classique. En revanche, Husemann et al. (2007) et Tong et al. (2006) n'ont pas retrouvé cette amélioration significative. L'étude de Husemann et al., avec l'entraînement à la marche sur Lokomat, amène un renseignement supplémentaire. En effet, les auteurs ont observé une diminution de la masse grasse au profit d'une augmentation de la masse musculaire, ce qui pourrait expliquer l'amélioration des capacités motrices. Ils l'expliquent par l'augmentation du métabolisme aérobie, souvent démontrée dans l'entraînement cardiovasculaire et qui fait défaut au commencement de la rééducation de la marche au sol (Saunders et al., 2004) (33). Enfin, il nous paraît important de noter que cet entraînement ne modifie pas le tonus musculaire. La spasticité des membres inférieurs n'est ni augmentée ni diminuée.

Tout cela a une répercussion au niveau fonctionnel, tant sur la mobilité générale des personnes qu'au niveau de leurs activités de la vie quotidienne. Au bout de 4 semaines M. G. est passé d'un score de 10 à 20 sur 36 au PASS (Postural Assessment Scale for Stroke) et de 15 à 50 sur 100 à l'indice de Barthel, sa négligence spatiale unilatérale gauche lui causant encore beaucoup de problèmes, surtout dans les activités du quotidien. La littérature est partagée sur ce point. Pohl et al. et Morone et al. montrent une augmentation significative des capacités fonctionnelles alors qu'aucune différence significative entre les patients utilisant la rééducation robotisée et la rééducation conventionnelle n'est observée dans les études de Husemann et al. ainsi que Tong et al.

Il faut rappeler que tous ces résultats sont obtenus chez des patients en phase subaiguë et ayant des capacités motrices faibles. Il ne faut pas oublier le rôle de la récupération spontanée qui contribue sans doute aux effets positifs obtenus dans un temps si court (34). Il serait maintenant intéressant d'observer les effets de ces assistances électromécaniques dans d'autres situations, comme en phase chronique ou bien chez des patients ayant déjà une certaine capacité de marche au départ. L'entraînement robotisé de la marche permettrait-il d'améliorer les paramètres de marche, la qualité de la marche ?

Maintenant il est important de souligner les points forts mais aussi les faiblesses de ces nouveaux systèmes robotisés.

En premier lieu, leur atout majeur est qu'ils rendent possible une rééducation précoce de la marche pour les patients en fauteuil roulant qui seraient incapables de marcher sans l'aide de ces dispositifs électromécaniques. Friedman (1990) a montré que, après AVC, le plus tôt un patient atteint la capacité de marcher, plus il est probable qu'il retrouve une marche indépendante (35). Ils apportent aussi un bénéfice sur le point médical en jouant un rôle dans la prévention des complications liées à l'alitement prolongé.

En deuxième lieu, la reprise précoce de la marche des patients avec une hémiplégie sévère, possible grâce à ces systèmes robotisés, semble avoir un impact positif sur le mental des patients. M. G. a rapporté se sentir plus investi dans sa rééducation. La mise en situation réelle de marche lui a redonné espoir, lui qui était jusqu'ici déçu par les progrès qu'il jugeait trop lents à la vue de ses attentes personnelles. Ceux qui ont eu l'occasion d'utiliser l'une de ces assistances électromécaniques ont eu l'impression d'avoir une double thérapie (Pohl et al. 2007). Werner et al. rapportent que 23 patients sur 30 ont préféré la thérapie sur Gait Trainer comparé à un entraînement de la marche sur tapis roulant trop exigeant. Après un AVC, la prévalence de la dépression est élevée (20 à 66%). Elle peut avoir un effet néfaste sur la récupération motrice et cognitive (36). Quel rôle positif peut alors jouer la rééducation précoce robotisée sur la survenue de la dépression ?

Dans un dernier temps, ces assistances électromécaniques présentent également un intérêt pour les kinésithérapeutes. Dans l'étude de Werner et al. (2002), les thérapeutes signalent que l'utilisation du système Gait Trainer demande un effort beaucoup moins important que la rééducation de la marche conventionnelle. En effet, pour les patients avec une atteinte motrice sévère, la marche demande un effort intense au kinésithérapeute pour soutenir une grande partie du poids du patient, maintenir l'équilibre, assurer le mouvement et la coordination des membres inférieurs. L'effort intense demandé peut expliquer en partie le peu de distance parcourue à chaque séance. Il requiert la plupart du temps deux thérapeutes, alors qu'un seul est nécessaire pour la rééducation robotisée de la marche. Celui-ci peut alors se concentrer sur la réalisation du mouvement et contrôler l'extension de hanche et de genou du patient.

Malgré tout, ces nouveaux systèmes soulèvent quelques interrogations.

Tout d'abord, la simulation de la marche est-elle vraiment physiologique ? La vitesse du Gait Trainer, comme celle du LokoHelp, est limitée à 2 km/h. Elle est d'ailleurs rapidement atteinte par les patients. M. G. a atteint la vitesse maximum au bout de la 4^e séance, restant à ce niveau tout au long de la thérapie. Le ralentissement de la marche participe au handicap. En effet, la dépense énergétique consécutive à la marche humaine est minimale pour une certaine vitesse, dite de confort, qui est en moyenne de 4km/h et variable selon plusieurs critères comme l'âge, le sexe et la taille. Dans un premier temps les sujets hémiplegiques sont incapables d'atteindre cette vitesse et la marche représente donc un coût énergétique plus important (11).

Ensuite, des différences dans les schémas d'activation des muscles sont retrouvées durant l'entraînement sur robot comparé à la marche naturelle. Cette hypothèse part du constat que chez les sujets sains, leur schéma de marche physiologique change quand ils sont contraints dans les appareils robotisés (Kim et al., 2010) (37). Une étude de Hidler et al. (2005) sur le dispositif Lokomat indique que la réduction des degrés de liberté à travers laquelle la personne est autorisée à se déplacer provoque une diminution de l'activité musculaire (électromyographie) comparé à ce qui est communément observé dans les rangs de la marche normale (38). Des questions se posent alors sur l'aide apportée par ces dispositifs mécaniques. Est-elle trop importante ? Le patient se trouve-t-il complètement passif ? Y-a-t-il une différence entre les dispositifs ?

Justement deux grands types de dispositifs sont étudiés dans la littérature : d'une part les « end-effector » comme le Gait Trainer ou le LokoHelp et d'autre part les exosquelettes comme le Lokomat. Avec les end-effector, seul les pieds du patient sont entraînés pour simuler les phases portantes et oscillantes de la marche (soit par plateformes ou bien par des orthèses). En revanche

les exosquelettes sont équipés de lecteurs programmables avec des mécanismes qui déplacent également les genoux et les hanches du patient. L'aide apportée est plus conséquente. Ce moindre effort demandé au patient peut-il expliquer en partie les différences d'activation musculaire vues précédemment ? A-t-il un impact sur la restauration de la marche ? En 2012, une revue de littérature de Merhrholz et al. a comparé les bénéfices de ces deux types de dispositifs sur la restauration des capacités de marche. Il semble que dans la rééducation robotisée de la marche le type end-effector soit plus efficace que les exosquelettes (39).

Tout cela nous amène à nous demander si ces dispositifs sont bénéfiques pour les patients qui peuvent marcher, plus ou moins de façon indépendante. La rééducation robotisée est-elle la meilleure option afin d'améliorer leur capacité de marche ? Selon l'étude de Morone et al. (2011), les patients ayant une bonne motricité ne semblent pas tirer profit d'une telle rééducation comparée à une rééducation conventionnelle. Si les patients sont capables d'effectuer un entraînement intensif de marche au sol, des exercices de marche variés et moins contraints seraient préférables en réadaptation neurologique afin d'améliorer l'équilibre et prévenir les chutes (Peurela et al., 2009 ; Duncan et al., 2011) (40) (41).

Les assistances électromécaniques restent des outils novateurs. Nous avons eu la chance d'utiliser l'un d'entre eux : le LokoHelp Pedago. Comme pour le cas de M. G., les patients les plus gravement atteints après un AVC peuvent bénéficier d'un entraînement à la marche, répétitif et intensif très précoce. Cela serait irréalisable sans l'aide du dispositif robotique et le système d'allègement du poids du corps. Cette population de patient, non-marchant et en phase subaiguë d'AVC, peut bénéficier de ces systèmes robotisés apportant un soutien extérieur jusqu'à ce que la marche au sol soit possible avec l'aide du kinésithérapeute.

En France, l'AVC est la 1^{ère} cause de handicap acquis chez l'adulte. La HAS a élaboré une recommandation professionnelle sur le thème de la rééducation motrice après un AVC. Elle nous indique que « *la rééducation fonctionnelle de la marche est recommandée dès que possible, et doit être poursuivie tout au long de l'évolution de l'AVC pour améliorer l'indépendance dans les déplacements* » (Grade B) (13). L'efficacité de nombreuses méthodes reste à démontrer. L'état actuel des connaissances ne permet pas de recommander un type particulier d'activité ou une durée précise d'entraînement. Quels que soient les programmes choisis, la rééducation motrice doit débiter le plus vite possible et combinés les différentes approches. L'entraînement électromécanique de la marche est indiqué « *dans le cas où les conditions motrices du patient ne permettraient pas de le faire marcher avec l'aide d'un thérapeute* » (Grade B) (13). Celui-ci apparaît comme un adjuvant aux techniques de kinésithérapie conventionnelle.

M. G. avait une séance de LokoHelp Pedago 3 fois par semaine. Il s'agit du protocole utilisé par le centre de rééducation. De nombreux protocoles sont utilisés dans la rééducation robotisée, avec pour la plupart un entraînement quotidien, soit 5 fois par semaine. Cela pourrait expliquer un score de FAC moins élevé atteint par M. G. à la fin des 4 semaines de protocole. Un manque de données est constaté dans la littérature. Il serait nécessaire de décrire avec précision le niveau d'intensité, la fréquence d'entraînement ainsi que la durée optimale de traitement. Celui-ci pourrait aussi être couplé à d'autres techniques prometteuses comme la stimulation électrique fonctionnelle (Tong et al., 2006) ou encore la réalité virtuelle (Lokomat).

CONCLUSION

L'objectif de ce travail était d'étudier l'impact de l'entraînement à la marche assisté par robotique sur la restauration de la marche après AVC. Confronté à la situation d'un patient, M. G., héminégligent et incapable de marcher, nous nous sommes interrogés sur l'intérêt d'utiliser de tels systèmes. Une analyse de la littérature a été menée pour évaluer l'effet de ces assistances électromécaniques chez des patients ayant une atteinte sévère en phase subaiguë d'AVC. Les données recueillies nous ont permis de proposer un protocole de rééducation adapté à M. G. Nous avons eu l'occasion d'utiliser le LokoHelp Pedago. Cet outil innovant a permis à M. G. de retrouver une certaine capacité de marche, au vu de l'indice d'autonomie de marche : avec une FAC à 2 il nécessite encore l'aide intermittente d'une personne pour marcher. Ce résultat est cohérent avec la littérature actuelle, avec néanmoins une moindre amélioration des capacités de marche qui peut s'expliquer par une différence de protocole ou la persistance du syndrome d'héminégligence.

La reprise de la marche après AVC est un des objectifs majeurs du kinésithérapeute. Mais nous sommes parfois confrontés à des situations où la rééducation de la marche n'est pas envisageable. Or, retrouver la marche constitue la première attente du patient car sa perte, par son retentissement fonctionnel et psychoaffectif, est source de handicap. Il est donc nécessaire de chercher des solutions pour entreprendre une rééducation précoce de la marche, dans un environnement sécurisé, chez les patients non-marchants.

Au vu du manque de preuves de la supériorité d'une méthode par rapport à une autre dans la rééducation de la fonction motrice chez l'hémiplégique après AVC, la HAS recommande de combiner les méthodes de rééducation motrice sans se limiter à une approche exclusive (accords d'experts).

Le système LokoHelp Pedago utilisé dans le cas clinique de ce travail, ainsi que tous les autres types d'assistances électromécaniques peuvent justement présenter un intérêt et trouver leur place dans la rééducation précoce de la marche après AVC. Ces systèmes pourraient être utilisés en tant qu'adjuvant, en parallèle d'une rééducation plus conventionnelle.

La revue de littérature a fait ressortir une population cible (patients non-marchants, phase subaiguë), qui tire profit de l'utilisation de la robotique. Les études contrôlées randomisées sélectionnées dans la méta-analyse Cochrane de 2013 montrent une augmentation de la capacité de marche au regard de la Functional Ambulation Classification (FAC). Une personne sur cinq traitée peut espérer regagner une marche indépendante si elle bénéficie de l'entraînement à la marche par assistance électromécanique.

La littérature fournit des résultats sur lesquels nous pouvons nous appuyer afin de proposer une rééducation robotisée de la marche. Les recommandations de bonne pratique publiées en 2012 par l'HAS sont de grade B (présomption scientifique fournie par des études de niveau intermédiaire de preuve : essais comparatifs randomisés de faible puissance, études de cohortes).

Malgré tout, des divergences et un manque de données demeurent encore sur les systèmes robotisés et confirment la nécessité de continuer à explorer leurs champs d'utilisation. L'entraînement de la marche avec assistance électromécanique a-t-il un intérêt en phase chronique post-AVC ? Permettrait-il au patient d'améliorer sa qualité de marche ? D'augmenter son périmètre de marche ? Son efficacité est-elle similaire dans d'autres pathologies neurologiques ?

De plus, l'amélioration relative des capacités de marche de M. G. nous interpelle sur la réalisation du protocole de rééducation. De nombreux protocoles sont proposés dans la littérature : temps d'entraînement de 20 ou 40 min, 3 ou 5 séances par semaine, vitesse de marche lente ou rapide, type end-effector ou exosquelette, sur une durée de 3 ou 5 semaines, couplé ou non à d'autres méthodes émergentes en neurologie comme la stimulation électrique fonctionnelle ou la réalité virtuelle ? Quel protocole est le plus efficace ? Il serait nécessaire, avec de futures recherches, d'uniformiser l'utilisation des assistances électromécaniques afin d'aboutir à un protocole optimal.

Ce travail m'a permis de découvrir le domaine de la recherche en kinésithérapie en France. J'ai eu l'occasion de découvrir la notion d'Evidence-Based Practice lors du Congrès International Francophone pour les Etudiants en Physiothérapie et Kinésithérapie (CIFEPK février 2016) dont le but est de développer le goût de la recherche, de l'EBP et des formations en kinésithérapie par l'intermédiaire d'évènements accessibles aux étudiants et jeunes diplômés. « La pratique fondée sur les preuves » est aujourd'hui essentielle en kinésithérapie.

BIBLIOGRAPHIE

1. Morand A de, Peltier M, Genêt F. Pratique de la rééducation neurologique. 2e édition. Issy-les-Moulineaux: Elsevier Masson; 2014.
2. Peretti C, Tuppin P, Chin F, Woimant F. Prévalence des accidents vasculaires cérébraux et de leurs séquelles et impact sur les activités de la vie quotidienne : apports des enquêtes déclaratives Handicap-santé-ménages et Handicap-santé-institution, 2008-2009. Bull Épidémiologique Hebd. janv 2012;(N°1):pp. 1-6.
3. Plan d'actions national AVC 2010-2014 [Internet]. [cité 2 mai 2016]. Disponible sur: http://www.cnsa.fr/documentation/plan_actions_avc_-_17avr2010.pdf
4. Woimant F. Présentation de l'organisation des unités neuro-vasculaires. In: Accident vasculaire cérébral et médecine physique et de réadaptation: Actualités en 2010 [Internet]. Paris: Springer Paris; 2010 [cité 9 mai 2016]. p. 1-5. Disponible sur: http://link.springer.com/10.1007/978-2-8178-0109-4_1
5. Petit H. Rééducation et facteurs de pronostic de l'hémiplégie vasculaire. Quel est l'impact des facteurs de pronostic initiaux de l'hémiplégie vasculaire sur l'efficacité et les indications de la rééducation? Ann Réadapt Médecine Phys. janv 1997;40(3):113-20.
6. Froger J, Péliissier J, Entretiens de médecine physique et de réadaptation. Imagerie cérébrale fonctionnelle et rééducation. Paris: Masson; 2006. (Problèmes en médecine de rééducation).
7. Regnaud J-P, Guay V, Marsal C. Evidence based practice ou la pratique basée sur les preuves en rééducation. Kinésithérapie Rev. oct 2009;9(94):55-61.
8. Didier J-P. La plasticité de la fonction motrice. Paris: Springer; 2004. (Collection de l'Académie européenne de médecine de réadaptation = Series of European academy of rehabilitation medicine).
9. Bousser M-G, Mas J-L. Accidents vasculaires cérébraux. Rueil-Malmaison: Doin, Wolters Kluwer; 2009. (Traité de neurologie).
10. Viel É. La marche humaine, la course et le saut : biomécanique, explorations, normes et dysfonctionnements. Paris: Masson; 2000. (Le point en rééducation et en APS).
11. Péliissier J, Brun V. La marche humaine et sa pathologie : explorations et rééducation. Paris Milan Barcelone: Masson; 1994. (Collection de pathologie locomotrice).
12. Turnbull GI, Charteris J, Wall JC. A comparison of the range of walking speeds between normal and hemiplegic subjects. Scand J Rehabil Med. sept 1995;27(3):175-82.
13. HAS. Accident vasculaire cérébral : méthodes de rééducation de la fonction motrice chez l'adulte [Internet]. [cité 2 mai 2016]. Disponible sur: http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2012-11/11irp01_reco_avc_methodes_de_reeducation.pdf
14. Rifaii Sarraj A. Que reste-t-il de la méthode Bobath ? Kinésithérapie Rev. sept 2006;6(56-57):63-7.

15. Eyssette M. Dans quels délais se fait la reprise de la marche et faut-il poursuivre la rééducation au-delà du 13e mois? *Ann Réadapt Médecine Phys.* 1997;40(3):131-7.
16. Masson E. Rééducation des accidentés vasculaires cérébraux. Bilan et prise en charge [Internet]. EM-Consulte. [cité 2 mai 2016]. Disponible sur: <http://www.em-consulte.com/article/10270/rééducation-des-accidentés-va>
17. Philip J. Le syndrome de négligence unilatérale : stratégies de réadaptation fonctionnelle. Paris: L'Harmattan; 2000.
18. Azouvi P. Sensitivity of clinical and behavioural tests of spatial neglect after right hemisphere stroke. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 1 août 2002;73(2):160-6.
19. Dimitrijevic MR, Gerasimenko Y, Pinter MM. Evidence for a spinal central pattern generator in humans. *Ann N Y Acad Sci.* 16 nov 1998;860:360-76.
20. Tisne G, Font F, Theillet V, Tranchevent R, Veber M. La place de la tâche orientée motorisée dans la rééducation de la marche chez l'hémiplégique. *Kinésithérapie Rev.* mai 2012;12(125):29-34.
21. Reha Stim | Gait Trainer GT I [Internet]. [cité 3 mai 2016]. Disponible sur: <http://www.reha-stim.de/cms/index.php?id=76>
22. LokomatPro - Hocoma [Internet]. [cité 3 mai 2016]. Disponible sur: <https://www.hocoma.com/world/en/products/lokomat/lokomatpro/>
23. Freivogel S, Mehrholz J, Husak-Sotomayor T, Schmalohr D. Gait training with the newly developed 'LokoHelp'-system is feasible for non-ambulatory patients after stroke, spinal cord and brain injury. A feasibility study. *Brain Inj.* janv 2008;22(7-8):625-32.
24. Mehrholz J, Elsner B, Werner C, Kugler J, Pohl M. Electromechanical-assisted training for walking after stroke. In: The Cochrane Collaboration, éditeur. *Cochrane Database of Systematic Reviews* [Internet]. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd; 2013 [cité 3 mai 2016]. Disponible sur: <http://doi.wiley.com/10.1002/14651858.CD006185.pub3>
25. Werner C, von Frankenberg S, Treig T, Konrad M, Hesse S. Treadmill Training With Partial Body Weight Support and an Electromechanical Gait Trainer for Restoration of Gait in Subacute Stroke Patients: A Randomized Crossover Study. *Stroke.* 1 déc 2002;33(12):2895-901.
26. Tong RK, Ng MF, Li LS. Effectiveness of Gait Training Using an Electromechanical Gait Trainer, With and Without Functional Electric Stimulation, in Subacute Stroke: A Randomized Controlled Trial. *Arch Phys Med Rehabil.* oct 2006;87(10):1298-304.
27. Husemann B, Muller F, Krewer C, Heller S, Koenig E. Effects of Locomotion Training With Assistance of a Robot-Driven Gait Orthosis in Hemiparetic Patients After Stroke: A Randomized Controlled Pilot Study. *Stroke.* 1 févr 2007;38(2):349-54.
28. Morone G, Bragoni M, Iosa M, Angelis DD, Venturiero V, Coiro P, et al. Who May Benefit From Robotic-Assisted Gait Training? A Randomized Clinical Trial in Patients With Subacute Stroke. *Neurorehabil Neural Repair.* 1 sept 2011;25(7):636-44.

29. Pohl M, Werner C, Holzgraefe M, Kroczeck G, Wingendorf I, Hoolig G, et al. Repetitive locomotor training and physiotherapy improve walking and basic activities of daily living after stroke: a single-blind, randomized multicentre trial (DEutsche GANgtrainerStudie, DEGAS). *Clin Rehabil.* 1 janv 2007;21(1):17-27.
30. Accident vasculaire cérébral et MOTOMed [Internet]. [cité 9 mai 2016]. Disponible sur: <http://www.motomed.com/fr/benefices-de-la-therapie/accident-vasculaire-cerebral.html>
31. LokoHelp | Woodway [Internet]. [cité 3 mai 2016]. Disponible sur: <http://www.woodway.com/products/lokoHELP>
32. Barbeau H. Locomotor Training in Neurorehabilitation: Emerging Rehabilitation Concepts. *Neurorehabil Neural Repair.* 1 mars 2003;17(1):3-11.
33. Saunders DH, Greig CA, Young A, Mead GE. Physical fitness training for stroke patients. In: The Cochrane Collaboration, éditeur. *Cochrane Database of Systematic Reviews* [Internet]. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd; 2004 [cité 3 mai 2016]. Disponible sur: <http://doi.wiley.com/10.1002/14651858.CD003316.pub2>
34. Jørgensen HS, Nakayama H, Raaschou HO, Olsen TS. Recovery of walking function in stroke patients: The copenhagen stroke study. *Arch Phys Med Rehabil.* janv 1995;76(1):27-32.
35. Friedman PJ. Gait recovery after hemiplegic stroke. *Int Disabil Stud.* 1 janv 1990;12(3):119-22.
36. Carota A, Berney A, Aybek S, Iaria G, Staub F, Ghika-Schmid F, et al. A prospective study of predictors of poststroke depression. *Neurology.* 8 févr 2005;64(3):428-33.
37. Kim SH, Banala SK, Brackbill EA, Agrawal SK, Krishnamoorthy V, Scholz JP. Robot-assisted modifications of gait in healthy individuals. *Exp Brain Res.* 2010;202(4):809-24.
38. Hidler JM, Wall AE. Alterations in muscle activation patterns during robotic-assisted walking. *Clin Biomech.* févr 2005;20(2):184-93.
39. Mehrholz J, Pohl M. Electromechanical-assisted gait training after stroke: A systematic review comparing end-effector and exoskeleton devices. *J Rehabil Med.* 2012;44(3):193-9.
40. Peurala S, Airaksinen O, Huuskonen P, Jäkälä P, Juhakoski M, Sandell K, et al. Effects of intensive therapy using gait trainer or floor walking exercises early after stroke. *J Rehabil Med.* 2009;41(3):166-73.
41. Duncan PW, Sullivan KJ, Behrman AL, Azen SP, Wu SS, Nadeau SE, et al. Body-Weight-Supported Treadmill Rehabilitation after Stroke. *N Engl J Med.* 26 mai 2011;364(21):2026-36.

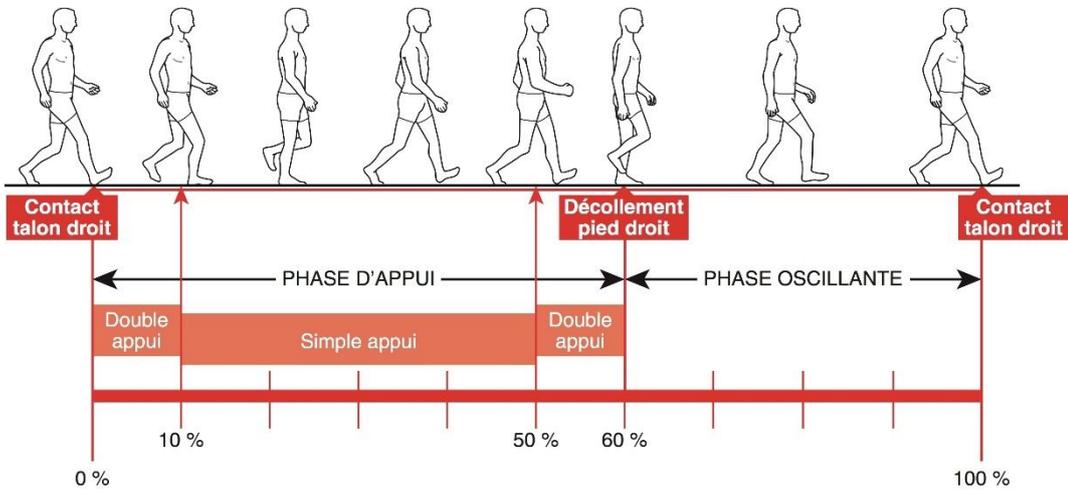
ANNEXES

SOMMAIRE :

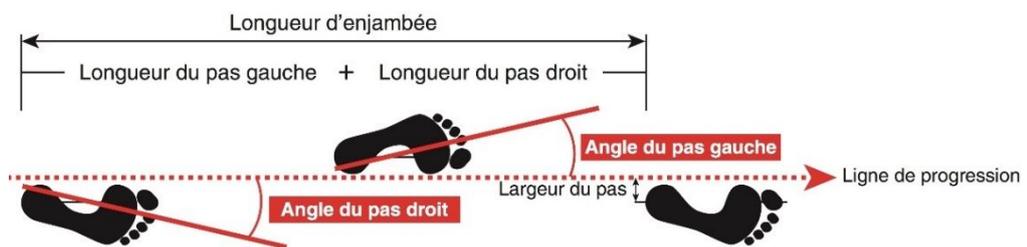
ANNEXE I : Cycle de marche et paramètres de marche.....	35
ANNEXE II : Gait Trainer	36
ANNEXE III : Lokomat.....	36
ANNEXE IV : Evidence-Based Practice et pyramide des niveaux de preuve.....	37
ANNEXE V : Echelle de PEDro	38
ANNEXE VI : Critères de jugement principaux.....	40
ANNEXE VII : ParoTec® - System	41
ANNEXE VIII : Bilans de M. G.	42
ANNEXE IX : LokoHelp Pedago	47

ANNEXE I : Cycle de marche et paramètres de marche

Source : http://www.cofemer.fr/article.php?id_article=883



Cycle de la marche



Principaux paramètres spatiaux du cycle de marche

Pour chaque membre inférieur, on décrit :

- Une phase oscillante (ou de balancement) ;
- Une phase d'appui (simple appui et double appui).

On définit :

- Le pas : correspond à la progression du pied oscillant par rapport au pied portant. Il y a un pas droit et un pas gauche ;
- La longueur du pas : correspond à la distance entre les deux talons lors d'une phase de double appui ;
- L'enjambée : correspond à la succession de deux pas, un pas droit et un pas gauche ;
- La cadence : correspond au nombre de pas par minute.

ANNEXE II : Gait Trainer

Source : <http://www.reha-stim.de/cms/index.php?id=76>



Gait Trainer



Plates-formes

ANNEXE III : Lokomat

Source : <https://www.hocoma.com/world/en/patients/lower-extremities/>



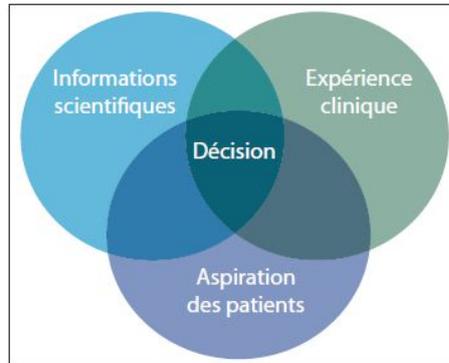
Lokomat



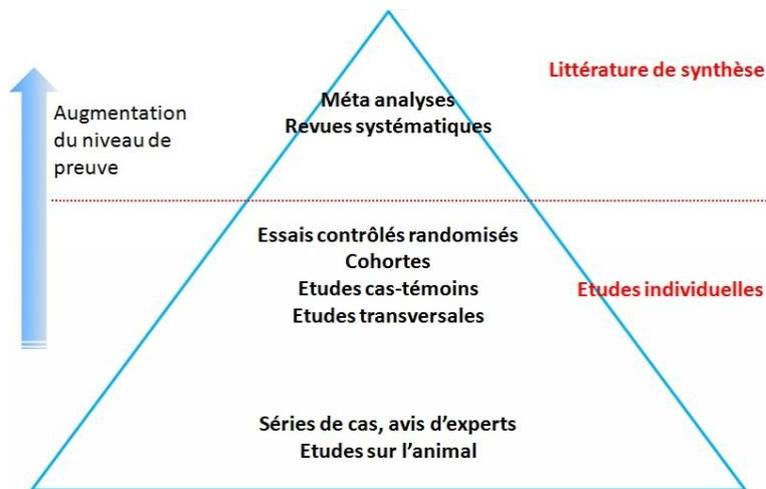
Exosquelette

ANNEXE IV : Evidence-Based Practice et pyramide des niveaux de preuve

Source : <http://tutoriel.fr.cochrane.org/fr/d%C3%A9finir-le-meilleur-type-d%C3%A9tude>



Les différentes composantes de l'EBP



Pyramide de preuve des différentes études

ANNEXE V : Echelle de PEDro

Source : <http://www.pedro.org.au/french/downloads/pedro-scale/>

Échelle PEDro – Français

1. les critères d'éligibilité ont été précisés	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>	où:
2. les sujets ont été répartis aléatoirement dans les groupes (pour un essai croisé, l'ordre des traitements reçus par les sujets a été attribué aléatoirement)	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>	où:
3. la répartition a respecté une assignation secrète	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>	où:
4. les groupes étaient similaires au début de l'étude au regard des indicateurs pronostiques les plus importants	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>	où:
5. tous les sujets étaient "en aveugle"	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>	où:
6. tous les thérapeutes ayant administré le traitement étaient "en aveugle"	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>	où:
7. tous les examinateurs étaient "en aveugle" pour au moins un des critères de jugement essentiels	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>	où:
8. les mesures, pour au moins un des critères de jugement essentiels, ont été obtenues pour plus de 85% des sujets initialement répartis dans les groupes	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>	où:
9. tous les sujets pour lesquels les résultats étaient disponibles ont reçu le traitement ou ont suivi l'intervention contrôle conformément à leur répartition ou, quand cela n'a pas été le cas, les données d'au moins un des critères de jugement essentiels ont été analysées "en intention de traiter"	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>	où:
10. les résultats des comparaisons statistiques intergroupes sont indiqués pour au moins un des critères de jugement essentiels	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>	où:
11. pour au moins un des critères de jugement essentiels, l'étude indique à la fois l'estimation des effets et l'estimation de leur variabilité	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>	où:

L'échelle PEDro est basée sur la liste Delphi développée par Verhagen et ses collègues au département d'épidémiologie de l'Université de 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*). Cette liste est basée sur un "consensus d'experts" et non, pour la majeure partie, sur des données empiriques. Deux items supplémentaires à la liste Delphi (critères 8 et 10 de l'échelle PEDro) ont été inclus dans l'échelle PEDro. Si plus de données empiriques apparaissent, il deviendra éventuellement possible de pondérer certains critères de manière à ce que le score de PEDro reflète l'importance de chacun des items.

L'objectif de l'échelle PEDro est d'aider l'utilisateur de la base de données PEDro à rapidement identifier quels sont les essais cliniques réellement ou potentiellement randomisés indexés dans PEDro (c'est-à-dire les essais contrôlés randomisés et les essais cliniques contrôlés, sans précision) qui sont susceptibles d'avoir une bonne validité interne (critères 2 à 9), et peuvent avoir suffisamment d'informations statistiques pour rendre leurs résultats interprétables (critères 10 à 11). Un critère supplémentaire (critère 1) qui est relatif à la validité "externe" (c'est "la généralisabilité" de l'essai ou son "applicabilité") a été retenu dans l'échelle PEDro pour prendre en compte toute la liste Delphi, mais ce critère n'est pas comptabilisé pour calculer le score PEDro cité sur le site Internet de PEDro.

L'échelle PEDro ne doit pas être utilisée pour mesurer la "validité" des conclusions d'une étude. En particulier, nous mettons en garde les utilisateurs de l'échelle PEDro sur le fait que les études qui montrent des effets significatifs du traitement et qui ont un score élevé sur l'échelle PEDro, ne signifie pas nécessairement que le traitement est cliniquement utile. Il faut considérer aussi si la taille de l'effet du traitement est suffisamment grande pour que cela vaille la peine cliniquement d'appliquer le traitement. De même, il faut évaluer si le rapport entre les effets positifs du traitement et ses effets négatifs est favorable. Enfin, la dimension coût/efficacité du traitement est à prendre compte pour effectuer un choix. L'échelle ne devrait pas être utilisée pour comparer la "qualité" des essais réalisés dans différents domaines de la physiothérapie, essentiellement parce qu'il n'est pas possible de satisfaire à tous les items de cette échelle dans certains domaines de la pratique kinésithérapique.

Précisions pour l'utilisation de l'échelle PEDro:

Tous les critères **Les points sont attribués uniquement si le critère est clairement respecté**. Si, lors de la lecture de l'étude, on ne retrouve pas le critère explicitement rédigé, le point ne doit pas être attribué à ce critère.

- Critère 1 Ce critère est respecté si l'article décrit la source de recrutement des sujets et une liste de critères utilisée pour déterminer qui était éligible pour participer à l'étude.
- Critère 2 Une étude est considérée avoir utilisé une *répartition aléatoire* si l'article mentionne que la répartition entre les groupes a été faite au hasard. La méthode précise de répartition aléatoire n'a pas lieu d'être détaillée. Des procédures comme pile ou face ou le lancé de dés sont considérées comme des méthodes de répartition aléatoire. Les procédures quasi-aléatoires, telles que la répartition selon le numéro de dossier hospitalier ou la date de naissance, ou le fait de répartir alternativement les sujets dans les groupes, ne remplissent pas le critère.
- Critère 3 Une *assignation secrète* signifie que la personne qui a déterminé si un sujet répondait aux critères d'inclusion de l'étude ne devait pas, lorsque cette décision a été prise, savoir dans quel groupe le sujet serait admis. Un point est attribué pour ce critère, même s'il n'est pas précisé que l'assignation est secrète, lorsque l'article mentionne que la répartition a été réalisée par enveloppes opaques cachetées ou que la répartition a été réalisée par table de tirage au sort en contactant une personne à distance.
- Critère 4 Au minimum, lors d'études concernant des interventions thérapeutiques, l'article doit décrire au moins une mesure de la gravité de l'affection traitée et au moins une mesure (différente) sur l'un des critères de jugement essentiels en début d'étude. L'évaluateur de l'article doit s'assurer que les résultats des groupes n'ont pas de raison de différer de manière cliniquement significative du seul fait des différences observées au début de l'étude sur les variables pronostiques. Ce critère est respecté, même si les données au début de l'étude ne sont présentées que pour les sujets qui ont terminé l'étude.
- Critères 4, 7-11 Les *critères de jugement* essentiels sont ceux dont les résultats fournissent la principale mesure de l'efficacité (ou du manque d'efficacité) du traitement. Dans la plupart des études, plus d'une variable est utilisée pour mesurer les résultats.
- Critères 5-7 Être "*en aveugle*" signifie que la personne en question (sujet, thérapeute ou évaluateur) ne savait pas dans quel groupe le sujet avait été réparti. De plus, les sujets et les thérapeutes sont considérés être "en aveugle" uniquement s'il peut être attendu qu'ils ne sont pas à même de faire la distinction entre les traitements appliqués aux différents groupes. Dans les essais dans lesquels les critères de jugement essentiels sont autoévalués par le sujet (ex. échelle visuelle analogique, recueil journalier de la douleur), l'évaluateur est considéré être "en aveugle" si le sujet l'est aussi.
- Critère 8 Ce critère est respecté uniquement si l'article mentionne explicitement *à la fois* le nombre de sujets initialement répartis dans les groupes *et* le nombre de sujets auprès de qui les mesures ont été obtenues pour les critères de jugement essentiels. Pour les essais dans lesquels les résultats sont mesurés à plusieurs reprises dans le temps, un critère de jugement essentiel doit avoir été mesuré pour plus de 85% des sujets à l'une de ces reprises.
- Critère 9 Une *analyse en intention* de traiter signifie que, lorsque les sujets n'ont pas reçu le traitement (ou n'ont pas suivi l'intervention contrôle) qui leur avait été attribué, et lorsque leurs résultats sont disponibles, l'analyse est effectuée comme si les sujets avaient reçu le traitement (ou avaient suivi l'intervention contrôle) comme attribué. Ce critère est respecté, même sans mention d'une analyse en intention de traiter si l'article mentionne explicitement que tous les sujets ont reçu le traitement ou ont suivi l'intervention contrôle comme attribué.
- Critère 10 Une comparaison statistique *intergroupe* implique une comparaison statistique d'un groupe par rapport à un autre. Selon le plan expérimental de l'étude, cela peut impliquer la comparaison de deux traitements ou plus, ou la comparaison d'un traitement avec une intervention contrôle. L'analyse peut être une simple comparaison des résultats mesurés après administration des traitements, ou une comparaison du changement dans un groupe au changement dans un autre (quand une analyse factorielle de variance a été utilisée pour analyser les données, ceci est souvent indiqué sous la forme d'une interaction groupe x temps). La comparaison peut prendre la forme d'un test sous hypothèses (qui produit une valeur "p", décrivant la probabilité que les groupes diffèrent uniquement du fait du hasard) ou prendre la forme d'une estimation (par exemple: différence de moyennes ou de médianes, différence entre proportions, nombre nécessaire de sujets à traiter, risque relatif ou rapport de risque instantané dit "hazard ratio") et de son intervalle de confiance.
- Critère 11 Une *estimation de l'effet* est une mesure de la taille de l'effet du traitement. L'effet du traitement peut être décrit soit par une différence entre les groupes, soit par le résultat au sein (de chacun) de tous les groupes. Les *estimations de la variabilité* incluent les écarts-types, les erreurs standards, les intervalles de confiance, les intervalles interquartiles (ou autres quantiles) et les étendues. Les estimations de l'effet et/ou de la variabilité peuvent être fournies sous forme graphique (par exemple, les écarts-types peuvent être représentés sous forme de barres d'erreurs dans une figure) à la condition expresse que le graphique soit clairement légendé (par exemple, qu'il soit explicite que ces barres d'erreurs représentent des écarts-type ou des erreurs-standard). S'il s'agit de résultats classés par catégories, ce critère est considéré respecté si le nombre de sujets de chaque catégorie est précisé pour chacun des groupes.

ANNEXE VI : Critères de jugement principaux

✓ Indice d'autonomie de marche ou FAC :

- 0 : Le patient ne peut marcher ou a besoin de l'aide de plus d'une personne.
 1 : Le patient a besoin de l'aide permanente d'une personne.
 2 : Le patient a besoin de l'aide intermittente d'une personne.
 3 : Le patient a besoin d'un soutien verbal sans contact physique.
 4 : Le patient marche seul, mais aide pour les escaliers, les pentes et les terrains accidentés.
 5 : Le patient marche seul quelle que soit la surface.

✓ Index de Barthel :

Item	Description	Score	Dates	
1. Alimentation	Autonome. Capable de se servir des instruments nécessaires. Prend ses repas en un temps raisonnable	10		
	A besoin d'aide, par exemple pour couper	5		
2. Bain	Possible sans aide	5		
3. Continence rectale	Aucun accident	10		
	Accidents occasionnels	5		
4. Continence urinaire	Aucun accident	10		
	Accidents occasionnels	5		
5. Déplacements	N'a pas besoin de fauteuil roulant. Autonome sur une distance de 50 m, éventuellement avec des cannes.	15		
	Peut faire 50 mètres avec aide	10		
	Autonome dans un fauteuil roulant, si incapable de marcher.	5		
6. Escaliers	Autonome. Peut se servir de cannes.	10		
	A besoin d'aide et de surveillance.	5		
7. Habillement	Autonome. Lace ses chaussures. Attache ses boutons. Met ses bretelles.	10		
	A besoin d'aide, mais fait au moins la moitié de la tâche dans un temps raisonnable.	5		
8. Soins personnels	Se lave le visage, se coiffe, se brosse les dents, se rase. Peut brancher un rasoir électrique	5		
9. Usage des WC	Autonome. Se sert seul du papier hygiénique, de la chasse d'eau.	10		
	A besoin d'aide pour l'équilibre, pour ajuster ses vêtements et se servir du papier hygiénique.	5		
10. Transfert du lit au fauteuil	Autonome, y compris pour faire fonctionner un fauteuil roulant.	15		
	Surveillance ou aide minimale.	10		
	Capable de s'asseoir, mais a besoin d'une aide maximum pour le transfert.	5		
	Score :			

ANNEXE VII : ParoTec® - System

Source : <http://www.obl.msu.edu/gait.htm>

Il s'agit d'un dispositif d'enregistrement des pressions plantaires. Il comprend :

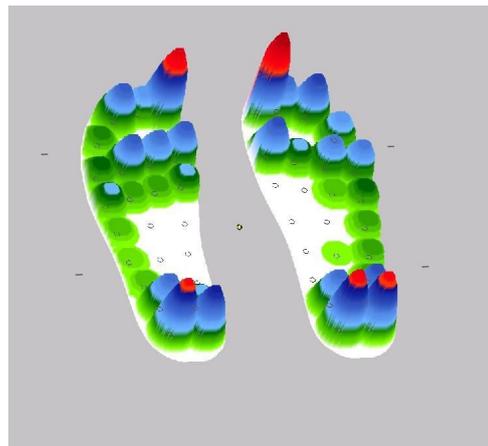
- Des paires de semelles qui peuvent être intégrées dans des chaussures en néoprène pour homogénéiser le chaussage ;
- Des capteurs hydrocellulaires enregistrant les forces normales et les forces de friction ;
- Un boîtier d'acquisition porté à la ceinture.

Ce système impose un protocole d'enregistrement constitué de trois étapes obligatoires :

- 1- Enregistrement des pressions engendrées par le serrage des chaussures en néoprène avec le sujet assis, les talons décollés du sol ;
- 2- Enregistrement des pressions en statique, debout au repos, pendant 5 secondes ;
- 3- Enregistrement des pressions lors de la marche.



Système ParoTec



Pressions enregistrées

ANNEXE VIII : Bilans de M. G.

Fiche patient

le 23/03/2015

Nom : .. G. Prénom : .. [REDACTED]

Date de naissance : .. 12/07/1947 (67 ans)

Situation familiale : Marié, 2 enfants.....

Situation professionnelle : Ancien marin pêcheur (retraité)

Loisirs : .. pêche, course, cuisine..

Habitat : .. Maison au Guilvinec - accès marche -
.. cuisine, salle à manger / salon, bureau, douche, wc → RDC
.. chambre, salle de bain, toilette, baignoire, bae de douche → étage.

Motif de prise en charge, histoire de la maladie, éléments significatifs : .. Transfert de l'H. Pont-d'abbé.
Poursuite PEC néedua déficit 1/2P gauche - entrée le 12/02/2015
Acc. vascul. hémorragique le 23/01/2015 au volant de sa voiture
→ hémorragie intra-pancrematuse capsulothalamique droit stable -

Latéralité : ... Droitier

Antécédents : .. Cardiopathie rythmique traitée par Xarelto 60 mg...
.....

Fonctions supérieures : Normale ; Difficile ; Impossible

Dates			
Compréhension	OK		
Communication	OK		
Participation	Moyenne		

Négligence : .. Hémignégligence gauche.....

Apraxie :

Grandes fonctions (respiration, circulation, déglutition) :

... Perrier, .. repas mixé.....
.....
.....

Douleur :

- Diurne : au repos 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
 au mouvement 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
- Nocturne oui non
- Topographie : .. coude ..

Mode de déplacement :

... fauteuil roulant à propulsion podale.....

Evaluation de la sensibilité :

Troubles de la sensibilité dans toutes les modalités - En cours de récupération -

Déficience de sensibilité superficielle :

Dates et commentaires	23/03/2015	17/04/2015	
Membre supérieur	épaule + bras CK Sinon anesthésie NS	épaule + bras Sinon anesthésie NS	
Membre inférieur	hanche + cuisse CK Sinon anesthésie NS	hanche + cuisse + genou + haut de la jambe Sinon anesthésie NS	
Extinction sensitive	/	/	

Déficience de sensibilité profonde et proprioceptive

Sensations kinesthésiques (position articulaire) 23/03/2015 17/04/2015

- 0 = absence de réaction : le patient ne sait pas qu'il y a eu mouvement *cheville / poignet cheville / poignet*
- 1 = capacité à ressentir le mouvement articulaire : le patient indique qu'il y a mouvement, mais il dirige le membre sain dans une fausse direction
- 2 = sens de la direction du mouvement : le patient est capable de placer son membre sain en miroir, mais il persiste un écart important en position d'arrivée *hanche + genou / épaule + coude coude*
- 3 = sens de la position : reproduction en miroir précise dans les limites d'une variation de 10° gonio par rapport à l'autre membre *hanche + genou / épaule*

Evaluation des changements de position : (PASS)

23/03/2015
17/04/2015

Couché	Se tourne vers le côté sain	1	2
	Se tourne vers le côté hémiplegique	2	3
	S'assoit	1	2

0 = impossible / 1 = aide importante / 2 = aide modérée / 3 = sans aide

Assis	Maintien *	3	3
	Se couche	1	2
	Se met debout	1	2

* 0 = impossible / 1 = avec support / 2 = 10 sec sans aide / 3 = 5 min sans aide
0 = impossible / 1 = avec beaucoup d'aide / 2 = peu d'aide / 3 = sans aide

Debout	Avec aide	0 = impossible 1 = 2 pers	2 = 1 pers 3 = 1 main	0 3	
	Sans aide	0 = impossible 1 = 10 sec	2 = 1 min 3 = exécute des mouvements	0 1	
	S'assoit	0 = impossible 1 = aide importante	2 = aide modérée 3 = sans aide	1 2	
	Ramasse un objet au sol	0 = impossible 1 = aide importante	2 = aide modérée 3 = sans aide	0 0	
	Sans aide	Appui unipodal côté sain	0 = impossible 1 = qq sec	2 = 5 sec 3 = 10 sec	0 0
		Appui monopodal côté hémiplegique	0 = impossible 1 = qq sec	2 = 5 sec 3 = 10 sec	0 0

Total/36 = 10/36 20/36

Evaluation de la motricité et de l'état orthopédique :

Bilan articulaire en degrés	Date		Date		Bilan moteur	Date		Date					
	G	D	G	D		G	D	G	D				
MEMBRE SUPERIEUR	Amplitudes OK				MEMBRE SUPERIEUR	23/03/2015	17/04/2016						
Epaule : élévation latérale					1	2							
Epaule : élévation antérieure					1	2							
Epaule : rotation externe					2	3							
Coude : flexion					2	2							
Coude : extension					2	2							
Coude : pronation					0	0							
Coude : supination					0	0							
Poignet : flexion					0	0							
Poignet : extension					0	0							
Poignet : abduction					0	0							
Doigts : flexion					0	0							
Doigts : extension					0	0							
Doigts : rotation					0	0	5	5					
Pouce : abduction					0	0							
Pouce : extension					0	0							
MEMBRE INFERIEUR									MEMBRE INFERIEUR				
Hanche : flexion									Hanche : flexion	2	3		
Hanche : extension									Hanche : extension	3	3		
Hanche : rotation externe									Hanche : rotation externe	2	2		
Hanche : rotation interne									Hanche : rotation interne	2	2		
Hanche : abduction									Hanche : abduction	2	2		
Hanche : adduction									Hanche : adduction	2	2		
Genou : flexion					Genou : flexion	3	3						
Genou : extension					Genou : extension	3	3						
Cheville : flexion					Cheville : flexion <i>plantaire</i>	0	0						
Cheville : extension					Cheville : extension <i>FD</i>	0	0						

Cotation de Held et Pierrot Desseilligny :

- 0 : Absence de contraction
- 1 : Contraction palpable sans déplacement de segment
- 2 : Contraction entraînant un déplacement quel que soit l'angle parcouru
- 3 : Le déplacement peut s'effectuer contre une légère résistance
- 4 : Le déplacement s'effectue contre une résistance plus importante
- 5 : le mouvement est d'une force identique au côté sain

(indiquer les amplitudes en degrés et la cotation entre 0 et 5)

Evaluation du tonus : Ashworth modifié

	17/04/16	23/03/15	Dates			
				GAUCHE		DROIT
	1	1		Adducteurs d'épaule		
	2	2		Fléchisseurs du coude		
	4	3		Fléchisseurs palmaires du poignet		
	4	3		Fléchisseurs des doigts		
	1	1		Extenseurs du genou		
	0	0		Fléchisseurs du genou		
	2	1		Triceps sural		

0 : pas d'augmentation du tonus

- 1 : augmentation discrète du tonus musculaire se manifestant par un ressaut suivi d'un relâchement ou par une résistance minime à la fin du mouvement
- 2 : augmentation discrète du tonus musculaire se manifestant par un ressaut suivi d'une résistance minime perçue sur moins de la moitié de l'amplitude articulaire
- 3 : augmentation plus marquée du tonus musculaire touchant la majeure partie de l'amplitude articulaire, l'articulation pouvant être mobilisée normalement
- 4 : augmentation importante du tonus musculaire rendant la mobilisation passive difficile
- 5 : l'articulation concernée est fixée en flexion ou en extension (abduction ou adduction)

2.4.6.2 Scores posturaux de Bourgès (EPA et EPD)

De passation simple et rapide, les scores d'équilibre postural assis (EPA) et debout (EPD) sont validés chez les patients vasculaires et adapté à un usage médical courant lors des consultations et les visites de service.

Une position est considérée comme acquise si tenue plus d'une minute, sauf quand elle doit être maintenue *versus* une poussée déséquilibrante. L'appui mono-podal doit être maintenu 15 secondes. En cas d'hésitation entre N et N + 1, cotez N.

23/03/2015

17/04/2015

■ A - Indice d'Équilibre Postural Assis (EPA)

Classe 0 : aucun équilibre en position assise (effondrement du tronc).
Nécessité d'un appui postérieur et d'un soutien latéral.

Classe 1 : position assise possible avec appui postérieur.

Classe 2 : équilibre postural assis maintenu sans appui postérieur, mais déséquilibre lors d'une poussée quelle qu'en soit la direction.

Classe 3 : équilibre postural assis maintenu sans appui postérieur et lors d'une poussée déséquilibrante quelle qu'en soit la direction.

* * **Classe 4** : équilibre postural assis maintenu sans appui postérieur, lors d'une poussée déséquilibrante et lors des mouvements de la tête, du tronc et des membres supérieurs.

Le malade remplit les conditions pour le passage de la position assise à la position debout seul.

■ B - Indice d'Équilibre Postural Debout (EPD)

* **Classe 0** : aucune possibilité de maintien postural debout.

Classe 1 : position debout possible avec transferts d'appui sur le membre hémiplégique très insuffisant. Nécessité d'un soutien.

* **Classe 2** : position debout possible avec transferts d'appui sur le membre hémiplégique encore incomplets. Pas de soutien.

Classe 3 : transferts d'appui corrects en position debout.

Classe 4 : équilibre postural debout maintenu lors des mouvements de la tête, du tronc et des membres supérieurs.

Classe 5 : appui uni-podal possible.

Référence :

Brun V. et al., 1991.

Evaluation de la marche :

✓ Indice d'autonomie de marche ou FAC : ... 23/03/2015 17/04/2015

- * **0** : Le patient ne peut marcher ou a besoin de l'aide de plus d'une personne.
- 1 : Le patient a besoin de l'aide permanente d'une personne.
- * **2** : Le patient a besoin de l'aide intermittente d'une personne.
- 3 : Le patient a besoin d'un soutien verbal sans contact physique.
- 4 : Le patient marche seul, mais aide pour les escaliers, les pentes et les terrains accidentés.
- 5 : Le patient marche seul quelle que soit la surface.

Référentiel d'auto-évaluation des pratiques professionnelles en masso-kinésithérapie

(13) Index de Barthel

Réf : Mahoney FI, Barthel DW. Functional evaluation : The Barthel index. Md State Med J 1965 ; 14 : 61-5.
 Réf : Khaoulani N, Calmels P. Evaluation fonctionnelle par l'indice de Barthel. Ann Med Phys Réadapt 1991 ; 34 : 129-36

L'évolution du score pendant un séjour, ou au décours d'une série de traitements, permet de mettre en valeur les progrès accomplis dans le domaine de l'autonomie.

La valeur 0 indique une dépendance totale du patient.

La valeur 100 correspond à une complète autonomie

Item	Description	Score	Dates 23/03/2015 17/04/2015	
1. Alimentation	Autonome. Capable de se servir des instruments nécessaires. Prend ses repas en un temps raisonnable	10		
	A besoin d'aide, par exemple pour couper	5	5	5
2. Bain	Possible sans aide	5	/	/
3. Continence rectale	Aucun accident : capable de s'administrer un lavement ou un suppositoire si nécessaire	10		
	Accidents occasionnels : a besoin d'aide pour s'administrer un lavement ou un suppositoire	5	/	5
4. Continence urinaire	Aucun accident : capable de prendre soin de l'appareillage si sondé	10		
	Accidents occasionnels : si sondé a besoin d'aide pour l'appareillage	5	/	5
5. Déplacements	N'a pas besoin de fauteuil roulant. Autonome sur une distance de 50 m, éventuellement avec des cannes	15		
	Peut faire 50 mètres avec aide	10		10
	Autonome dans un fauteuil roulant, si incapable de marcher sur 50 m	5	5	
6. Escaliers	Autonome. Peut se servir de cannes	10		
	A besoin d'aide et de surveillance	5	/	/
7. Habillement	Autonome. Attache ses chaussures. Attache ses boutons. Met ses bretelles	10		
	A besoin d'aide, mais fait au moins la moitié de la tâche dans un temps raisonnable	5	/	5
8. Soins personnels	Se lave le visage, se coiffe, se brosse les dents, se rase. Peut brancher un rasoir électrique	5	/	5
9. Usage des WC	Autonome. Se sert seul du papier hygiénique, de la chasse d'eau	10		
	A besoin d'aide pour l'équilibre, pour ajuster ses vêtements et se servir du papier hygiénique	5	/	5
10. Transfert du lit au fauteuil	Autonome, y compris pour faire fonctionner un fauteuil roulant	15		
	Surveillance ou aide minime	10		10
	Capable de s'asseoir, mais a besoin d'une aide maximum pour le transfert	5	5	
Score :			15	50

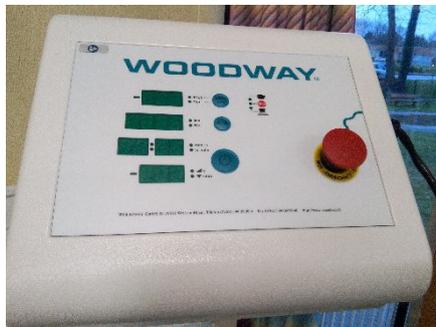
ANNEXE IX : LokoHelp Pedago



Systeme LokoHelp



Pedago avec orthèses tibiales



Ecran d'affichage des paramètres



Clavier independant et interrupteur



Entraînement robotisé de la marche avec M. G

Le délestage du poids du corps est diminué volontairement en fin de protocole afin d'évaluer la capacité de propulsion du pas. Le pas postérieur prépare la propulsion. Il est demandé à M. G. de bien presser l'avant pied lors du passage du pas afin de favoriser l'extension de hanche.

LANGLOIS

Wanda

TITRE : Impact de l'entraînement robotisé sur la restauration de la marche après AVC

Contexte : Après un AVC, la reprise de la marche constitue la première attente des patients et un des objectifs majeurs du kinésithérapeute mais elle peut être retardée par des facteurs de mauvais pronostic fonctionnel. Depuis quelques années, grâce aux avancées technologiques, des systèmes robotisés d'entraînement à la marche apparaissent.

Objectif : Etudier l'impact de l'entraînement à assistance électromécanique sur la restauration de la marche après AVC chez des patients non-marchants en phase subaiguë.

Méthodes : Dans une démarche d'Evidence-Based Practice, une actualisation des connaissances de la littérature scientifique est réalisée. Les études sélectionnées ciblent l'impact de la robotique (Gait Trainer, Lokomat) sur une population précise afin de correspondre à la clinique de M. G., non-marchant à 2 mois de son AVC.

Résultats : L'entraînement robotisé de la marche associé à la kinésithérapie conventionnelle pourrait augmenter les chances d'obtenir une marche autonome, notamment chez des patients incapables de marcher et/ou dans les 3 premiers mois de l'AVC.

Discussion : La rééducation de M. G. (LokoHelp Pedago) montre des résultats cohérents avec la littérature avec néanmoins une moindre amélioration des capacités de marche. Elle peut s'expliquer par les différences de protocoles et les limites potentielles des systèmes robotisés.

Conclusion : Après un AVC, face aux difficultés rencontrées par certains patients, les dispositifs électromécaniques paraissent être des outils intéressants pour l'entraînement précoce de la marche, constituant un véritable adjuvant à la kinésithérapie conventionnelle.

Mots clés : AVC, restauration de la marche, robotique, dispositifs électromécaniques.

Background : After a stroke, gait recovery is the first patient expectation and one of major physiotherapist goals, but it can be delayed by poor functional prognosis factors. Over the last few years, thanks to technological advances, robotic systems to gait training appear.

Objective : Studying the impact of electromechanical-assisted training on gait restoration in subacute non-ambulatory stroke patients.

Methods : For a move toward Evidence-Based Practice, an update of scientific literature knowledge is performed. The selected studies target robotic impact (Gait Trainer, Lokomat) on a specific population to match Mr. G. clinical, non-ambulatory at 2 months of its stroke.

Results : Robotic gait training associated with conventional physical therapy may increase the chances to get an independent walk, especially in patients unable to walk and/or in the first 3 months of stroke.

Discussion : The rehabilitation of Mr. G. (LokoHelp Pedago) shows consistent results with the literature, however with less improvement of walking ability. It can be explained by differences in protocols and potential limitations of robotic systems.

Conclusion : After stroke, faced to difficulties experienced by some patients, electromechanical devices seem to be interesting tools for early gait training, constituting a true adjuvant to conventional physiotherapy.

Key words : Stroke, gait recovery, robotic, electromechanical devices.

INSTITUT DE FORMATION EN MASSO-KINESITHERAPIE -BREST-

22 avenue Camille Desmoulins CS 93837 – 29238 Brest Cedex

TRAVAIL ECRIT DE FIN D'ETUDES – 2013/ 2016