



HAL
open science

Le Fauteuil Roulant Hybride : une valeur ajoutée pour la performance ou pour la participation et la qualité de vie ?

Fabien Raynard

► To cite this version:

Fabien Raynard. Le Fauteuil Roulant Hybride : une valeur ajoutée pour la performance ou pour la participation et la qualité de vie ?. Médecine humaine et pathologie. 2020. hal-03805995

HAL Id: hal-03805995

<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-03805995>

Submitted on 7 Oct 2022

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.



AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-thesesexercice-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

UNIVERSITE DE LORRAINE

FACULTE DE MÉDECINE DE NANCY

2020

THÈSE

Pour obtenir le grade de
DOCTEUR EN MÉDECINE

présentée et soutenue publiquement
dans le cadre du troisième cycle de Médecine Spécialisée
par

Fabien RAYNARD

Le 14 octobre 2020

**Le Fauteuil Roulant Hybride, une valeur ajoutée pour la
performance ou pour la participation et la qualité de vie ?**

Membres du Jury :

M. le Professeur Jean PAYSANT

Président du Jury

M. le Professeur Mathias POUSSEL

Juge

Mme la Docteure Isabelle THAON

Juge

M. le Docteur Noël MARTINET

Directeur de Thèse

M. Alain PAWLOWSKI

Invité



**UNIVERSITÉ
DE LORRAINE**



FACULTÉ de MÉDECINE
NANCY

**Président de l'Université de Lorraine :
Professeur Pierre MUTZENHARDT**

**Doyen de la Faculté de Médecine :
Professeur Marc BRAUN**

Vice-doyenne
Pr Laure JOLY

Assesseurs :

Premier cycle : Dr Nicolas GAMBIER
Deuxième cycle : Pr Antoine KIMMOUN
Troisième cycle : Pr Laure JOLY
Formation à la recherche : Pr Nelly AGRINIER
Relations Grande Région : Pr Thomas FUCHS-BUDER
CUESim : Pr Stéphane ZUILY
SIDES : Dr Julien BROSEUS
Vie Facultaire : Dr Philippe GUERCI
Etudiant : Mme Audrey MOUGEL

Chargés de mission

Docimologie : Dr Jacques JONAS
Orthophonie : Pr Cécile PARIETTI-WINKLER
PACES : Pr Mathias POUSSEL
Relations internationales : Pr Jacques HUBERT

Présidente du Conseil de la Pédagogie : Pr Louise TYVAERT
Président du Conseil Scientifique : Pr Jean-Michel HASCOET

=====

DOYENS HONORAIRES

Professeur Jacques ROLAND - Professeur Patrick NETTER - Professeur Henry COUDANE

=====

PROFESSEURS HONORAIRES

Etienne ALIOT - Jean-Marie ANDRE - Alain AUBREGE - Gérard BARROCHE - Alain BERTRAND - Pierre BEY - Marc-André BIGARD - Patrick BOISSEL - Pierre BORDIGONI - Jacques BORRELLY - Michel BOULANGE - Jean-Louis BOUTROY - Laurent BRESLER - Serge BRIANÇON - Jean-Claude BURDIN - Claude BURLET - Daniel BURNEL - Claude CHARDOT - Jean-François CHASSAGNE - François CHERRIER - Henry COUDANE - Jean-Pierre CRANCE - Jean-Pierre DESCHAMPS - Gilbert FAURE - Gérard FIEVE - Bernard FOLIGUET - Jean FLOQUET - Robert FRISCH - Alain GAUCHER - Pierre GAUCHER - Jean-Luc GEORGE - Alain GERARD - Hubert GERARD - Jean-Marie GILGENKRANTZ - Simone GILGENKRANTZ - Gilles GROSDIDIER - François GUILLEMIN - Philippe HARTEMANN - Gérard HUBERT - Claude HURIET - Jean-Pierre KAHN - Gilles KARCHER - Michèle KESSLER - François KOHLER - Pierre LANDES - Pierre LASCOMBES - Marie-Claire LAXENAIRE - Michel LAXENAIRE - Alain LE FAOU - Jacques LECLERE - Pierre LEDERLIN - Bernard LEGRAS - Jean-Pierre MALLIÉ - Philippe MANGIN - François MARCHAL - Jean-Claude MARCHAL - Yves MARTINET - Pierre MATHIEU - Thierry MAY - Michel MERLE - Daniel MOLÉ - Pierre MONIN - Pierre NABET - Patrick NETTER - Jean-Pierre NICOLAS - Francis PENIN - Claude PERRIN - Luc PICARD - François PLENAT - Jean-Marie POLU - Jacques POUREL - Francis RAPHAEL - Antoine RASPILLER - Denis REGENT - Jacques ROLAND - Daniel SCHMITT - Michel SCHMITT - Jean-Luc SCHMUTZ - Michel SCHWEITZER - Daniel SIBERTIN-BLANC - Claude SIMON - Danièle SOMMELET - Jean-François STOLTZ - Michel STRICKER - Gilbert THIBAUT - Paul VERT - Hervé VESPIGNANI - Colette VIDAILHET - Michel VIDAILHET - Jean-Pierre VILLEMOT - Michel WEBER - Denis ZMIROU - Faiez ZANNAD

=====

PROFESSEURS ÉMÉRITES

Etienne ALIOT - Laurent BRESLER - Serge BRIANÇON - Henry COUDANE - Gilbert FAURE - Alain LE FAOU - Thierry MAY Patrick NETTER - Luc PICARD - François PLENAT - Paul VERT - Jean-Pierre VILLEMOT – Faiez ZANNAD

=====

PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS

(Disciplines du Conseil National des Universités)

42^e Section : MORPHOLOGIE ET MORPHOGENÈSE

1^{re} sous-section : (*Anatomie*)

Professeur Marc BRAUN – Professeure Manuela PEREZ

2^e sous-section : (*Histologie, embryologie et cytogénétique*)

Professeur Christo CHRISTOV

3^e sous-section : (*Anatomie et cytologie pathologiques*)

Professeur Guillaume GAUCHOTTE

43e Section : BIOPHYSIQUE ET IMAGERIE MÉDICALE

1^{re} sous-section : (*Biophysique et médecine nucléaire*)

Professeur Pierre-Yves MARIE – Professeur Pierre OLIVIER - Professeur Antoine VERGER

2^e sous-section : (*Radiologie et imagerie médicale*)

Professeur René ANXIONNAT - Professeur Alain BLUM - Professeur Serge BRACARD –

Professeure Valérie CROISÉ - Professeur Jacques FELBLINGER - Professeur Benjamin GORY –

Professeur Damien MANDRY - Professeur Pedro GONDIM TEIXEIRA

44^e Section : BIOCHIMIE, BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLÉCULAIRE, PHYSIOLOGIE ET NUTRITION

1^{re} sous-section : (*Biochimie et biologie moléculaire*)

Professeur Jean-Louis GUEANT - Professeur David MEYRE - Professeur Bernard NAMOUR –

Professeur Jean-Luc OLIVIER - Professeur Abderrahim OUSSALAH

2^e sous-section : (*Physiologie*)

Professeur Christian BEYAERT - Professeur Bruno CHENUÉL - Professeur Mathias POUSSEL

3^e sous-section (*Biologie cellulaire*)

Professeure Véronique DECOT-MAILLERET

4^e sous-section : (*Nutrition*)

Professeur Didier QUILLIOT - Professeure Rosa-Maria RODRIGUEZ-GUEANT - Professeur Olivier ZIEGLER

45^e Section : MICROBIOLOGIE, MALADIES TRANSMISSIBLES ET HYGIÈNE

1^{re} sous-section : (*Bactériologie – virologie ; hygiène hospitalière*)

Professeur Alain LOZNIÉWSKI – Professeure Evelyne SCHVOERER

2^e sous-section : (*Parasitologie et Mycologie*)

Professeure Marie MACHOUART

3^e sous-section : (*Maladies infectieuses ; maladies tropicales*)

Professeure Céline PULCINI - Professeur Christian RABAUD

46^e Section : SANTÉ PUBLIQUE, ENVIRONNEMENT ET SOCIÉTÉ

1^{re} sous-section : (*Épidémiologie, économie de la santé et prévention*)

Professeure Nelly AGRINIER - Professeur Francis GUILLEMIN

4^e sous-section : (*Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication*)

Professeure Eliane ALBUISSON - Professeur Nicolas JAY

47^e Section : CANCÉROLOGIE, GÉNÉTIQUE, HÉMATOLOGIE, IMMUNOLOGIE

1^{re} sous-section : (*Hématologie ; transfusion*)

Professeur Pierre FEUGIER

2^e sous-section : (*Cancérologie ; radiothérapie*)

Professeur Thierry CONROY - Professeur Frédéric MARCHAL - Professeur Didier PEIFFERT –

Professeur Guillaume VOGIN

3^e sous-section : (*Immunologie*)

Professeur Marcelo DE CARVALHO-BITTENCOURT - Professeure Marie-Thérèse RUBIO

4^e sous-section : (*Génétique*)

Professeur Philippe JONVEAUX - Professeur Bruno LEHEUP

48° Section : ANESTHÉSIOLOGIE, RÉANIMATION, MÉDECINE D'URGENCE, PHARMACOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE

1^{re} sous-section : (*Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire*)

Professeur Gérard AUDIBERT - Professeur Hervé BOUAZIZ - Professeur Thomas FUCHS-BUDER
Professeure Marie-Reine LOSSER - Professeur Claude MEISTELMAN

2^e sous-section : (*Médecine intensive-réanimation*)

Professeur Pierre-Édouard BOLLAERT - Professeur Sébastien GIBOT - Professeur Bruno LÉVY –
Professeur Antoine KIMMOUN

3^e sous-section : (*Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie*)

Professeur Pierre GILLET - Professeur Jean-Yves JOUZEAU

4^e sous-section : (*Thérapeutique-médecine de la douleur ; addictologie*)

Professeur Nicolas GIRERD - Professeur François PAILLE - Professeur Patrick ROSSIGNOL

5^e sous-section : (*Médecine d'urgence*)

Professeur Tahar CHOUIHED

49° Section : PATHOLOGIE NERVEUSE ET MUSCULAIRE, PATHOLOGIE MENTALE, HANDICAP ET RÉÉDUCATION

1^{re} sous-section : (*Neurologie*)

Professeur Marc DEBOUVERIE - Professeur Louis MAILLARD - Professeur Sébastien RICHARD –
Professeur Luc TAILLANDIER Professeure Louise TYVAERT

2^e sous-section : (*Neurochirurgie*)

Professeur Thierry CIVIT - Professeure Sophie COLNAT-COULBOIS - Professeur Olivier KLEIN

3^e sous-section : (*Psychiatrie d'adultes ; addictologie*)

Professeur Vincent LAPREVOTE - Professeur Raymund SCHWAN

4^e sous-section : (*Pédopsychiatrie ; addictologie*)

Professeur Bernard KABUTH

5^e sous-section : (*Médecine physique et de réadaptation*)

Professeur Jean PAYSANT

50° Section : PATHOLOGIE OSTÉO-ARTICULAIRE, DERMATOLOGIE ET CHIRURGIE PLASTIQUE

1^{re} sous-section : (*Rhumatologie*)

Professeure Isabelle CHARY-VALCKENAERE - Professeur Damien LOEUILLE

2^e sous-section : (*Chirurgie orthopédique et traumatologique*)

Professeur Laurent GALOIS - Professeur Didier MAINARD - Professeur François SIRVEAUX

3^e sous-section : (*Dermato-vénéréologie*)

Professeure Anne-Claire BURSZTEJN

4^e sous-section : (*Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique ; brûlologie*)

Professeur François DAP - Professeur Gilles DAUTEL - Professeur Etienne SIMON

51° Section : PATHOLOGIE CARDIO-RESPIRATOIRE ET VASCULAIRE

1^{re} sous-section : (*Pneumologie ; addictologie*)

Professeur Jean-François CHABOT - Professeur Ari CHAOUAT

2^e sous-section : (*Cardiologie*)

Professeur Edoardo CAMENZIND - Professeur Christian de CHILLOU DE CHURET –
Professeur Yves JUILLIERE -

Professeur Batric POPOVIC - Professeur Nicolas SADOUL

3^e sous-section : (*Chirurgie thoracique et cardiovasculaire*)

Professeur Juan-Pablo MAUREIRA - Professeur Stéphane RENAUD

4^e sous-section : (*Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire*)

Professeur Sergueï MALIKOV - Professeur Denis WAHL – Professeur Stéphane ZUILY

52° Section : MALADIES DES APPAREILS DIGESTIF ET URINAIRE

1^{re} sous-section : (*Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie*)

Professeur Jean-Pierre BRONOWICKI - Professeur Laurent PEYRIN-BIROULET

2^e sous-section : (*Chirurgie viscérale et digestive*)

Professeur Ahmet AYAV - Professeur Laurent BRUNAUD – Professeure Adeline GERMAIN

3^e sous-section : (*Néphrologie*)

Professeur Luc FRIMAT - Professeure Dominique HESTIN

4^e sous-section : (*Urologie*)

Professeur Pascal ESCHWÈGE - Professeur Jacques HUBERT

53° Section : MÉDECINE INTERNE, GÉRIATRIE ET MÉDECINE GÉNÉRALE

1^{re} sous-section : (Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement ; addictologie)

Professeur Athanase BENETOS - Professeur Jean-Dominique DE KORWIN - Professeure Gisèle KANNY
Professeure Christine PERRET-GUILLAUME – Professeur Roland JAUSSAUD – Professeure Laure JOLY

3° sous-section : (Médecine générale)

Professeur Jean-Marc BOIVIN - Professeur Paolo DI PATRIZIO

54° Section : DÉVELOPPEMENT ET PATHOLOGIE DE L'ENFANT, GYNÉCOLOGIE-OBSTÉTRIQUE, ENDOCRINOLOGIE ET REPRODUCTION

1^{re} sous-section : (Pédiatrie)

Professeur Pascal CHASTAGNER - Professeur François FEILLET - Professeur Jean-Michel HASCOET -
Professeur Cyril SCHWEITZER

2° sous-section : (Chirurgie infantile)

Professeur Pierre JOURNEAU - Professeur Jean-Louis LEMELLE

3° sous-section : (Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale)

Professeur Philippe JUDLIN - Professeur Olivier MOREL

4° sous-section : (Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques ; gynécologie médicale)

Professeur Bruno GUERCI - Professeur Marc KLEIN - Professeur Georges WERYHA

55° Section : PATHOLOGIE DE LA TÊTE ET DU COU

1^{re} sous-section : (Oto-rhino-laryngologie)

Professeur Roger JANKOWSKI - Professeure Cécile PARIETTI-WINKLER - Professeure Cécile RUMEAU

2° sous-section : (Ophtalmologie)

Professeure Karine ANGIOI - Professeur Jean-Paul BERROD

3° sous-section : (Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie)

Professeure Muriel BRIX

=====

PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS

61° Section : GÉNIE INFORMATIQUE, AUTOMATIQUE ET TRAITEMENT DU SIGNAL

Professeur Walter BLONDEL

64° Section : BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLÉCULAIRE

Professeure Sandrine BOSCHI-MULLER - Professeur Pascal REBOUL

65° Section : BIOLOGIE CELLULAIRE

Professeure Céline HUSELSTEIN

66° Section : PHYSIOLOGIE

Professeur Nguyen TRAN

=====

PROFESSEUR ASSOCIÉ DE MÉDECINE GÉNÉRALE

53° Section, 3° sous-section : (Médecine générale)

Professeure associée Sophie SIEGRIST

Professeur associé Olivier BOUCHY

=====

MAÎTRES DE CONFÉRENCES DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS

42° Section : MORPHOLOGIE ET MORPHOGENÈSE

1^{re} sous-section : (Anatomie)

Docteur Bruno GRIGNON

2° sous-section : (Histologie, embryologie, et cytogénétique)

Docteure Isabelle KOSCINSKI

44° Section : BIOCHIMIE, BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLÉCULAIRE, PHYSIOLOGIE ET NUTRITION

1^{re} sous-section : (Biochimie et biologie moléculaire)

Docteure Shyue-Fang BATTAGLIA - Docteure Sophie FREMONT - Docteure Isabelle GASTIN –

Docteure Catherine MALAPLATE - Docteur Marc MERTEN

2° sous-section : (Physiologie)

Docteure Silvia DEMOULIN-ALEXIKOVA - Docteur Jacques JONAS

45° Section : MICROBIOLOGIE, MALADIES TRANSMISSIBLES ET HYGIÈNE

1^{re} sous-section : (Bactériologie – Virologie ; hygiène hospitalière)

Docteure Corentine ALAUZET - Docteure Hélène JEULIN - Docteure Véronique VENARD

2° sous-section : (Parasitologie et mycologie)

Docteure Anne DEBOURGOGNE

46° Section : SANTÉ PUBLIQUE, ENVIRONNEMENT ET SOCIÉTÉ

1^{re} sous-section : (Epidémiologie, économie de la santé et prévention)

Docteur Cédric BAUMANN - Docteure Frédérique CLAUDOT - Docteur Alexis HAUTEMANIÈRE

Docteur Arnaud FLORENTIN - Docteur Jonathan EPSTEIN (stagiaire)

2° sous-section (Médecine et Santé au Travail)

Docteure Isabelle THAON

47° Section : CANCÉROLOGIE, GÉNÉTIQUE, HÉMATOLOGIE, IMMUNOLOGIE

1^{re} sous-section : (Hématologie ; transfusion)

Docteur Julien BROSEUS – Docteure Maud D’AVENI

2° sous-section : (Cancérologie ; radiothérapie)

Docteure Lina BOLOTINE

3° sous-section : (Immunologie)

Docteure Alice AARNINK

4° sous-section : (Génétique)

Docteure Céline BONNET - Docteure Mathilde RENAUD (stagiaire)

48° Section : ANESTHÉSIOLOGIE, RÉANIMATION, MÉDECINE D’URGENCE, PHARMACOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE

1° sous-section : (Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire)

Docteur Philippe GUERCI

3° sous-section : (Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie)

Docteur Nicolas GAMBIER - Docteure Françoise LAPICQUE - Docteur Julien SCALA-BERTOLA

49° Section : PATHOLOGIE NERVEUSE ET MUSCULAIRE, PATHOLOGIE MENTALE, HANDICAP ET RÉÉDUCATION

2° sous-section : (Neurochirurgie)

Docteur Fabien RECH

3° sous-section : (Psychiatrie d’adultes ; addictologie)

Docteur Thomas SCHWITZER

4° sous-section : (Pédopsychiatrie ; addictologie)

Docteur Fabienne ROUYER-LIGIER (stagiaire)

50° Section : PATHOLOGIE OSTÉO-ARTICULAIRE, DERMATOLOGIE ET CHIRURGIE PLASTIQUE

4° sous-section : (Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique ; brûlologie)

Docteure Laetitia GOFFINET-PLEUTRET

51° Section : PATHOLOGIE CARDIO-RESPIRATOIRE ET VASCULAIRE

3° sous-section : (Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire)

Docteur Fabrice VANHUYSE

4° sous-section : (Chirurgie vasculaire ; Médecine vasculaire)

Docteure Nicla SETTEMBRE

52° Section : MALADIES DES APPAREILS DIGESTIF ET URINAIRE

1^{re} sous-section : (Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie)

Docteur Anthony LOPEZ

54° Section : DEVELOPPEMENT ET PATHOLOGIE DE L’ENFANT, GYNECOLOGIE-OBSTETRIQUE, ENDOCRINOLOGIE ET REPRODUCTION

1° sous-section : (Pédiatrie)

Docteure Cécile POCHON (stagiaire)

4° sous-section : (Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques ; Gynécologie médicale)

Docteure Eva FEIGERLOVA

5° sous-section : (Biologie et médecine du développement et de la reproduction ; gynécologie médicale)

Docteur Mikaël AGOPIANTZ

55° Section : PATHOLOGIE DE LA TÊTE ET DU COU

1^{re} sous-section : (Oto-Rhino-Laryngologie)

Docteur Patrice GALLET

=====

MAÎTRES DE CONFÉRENCES

5^e Section : SCIENCES ÉCONOMIQUES

Monsieur Vincent LHUILLIER

7^e Section : SCIENCES DU LANGAGE : LINGUISTIQUE ET PHONETIQUE GENERALES

Madame Christine DA SILVA-GENEST

19^e Section : SOCIOLOGIE, DÉMOGRAPHIE

Madame Joëlle KIVITS

63^e Section : GÉNIE ÉLECTRIQUE, ÉLECTRONIQUE, PHOTONIQUE ET SYSTÈMES

Madame Pauline SOULET LEFEBVRE (stagiaire)

64^e Section : BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLÉCULAIRE

Madame Marie-Claire LANHERS - Monsieur Nick RAMALANJAONA

65^e Section : BIOLOGIE CELLULAIRE

Madame Nathalie AUCHET - Madame Natalia DE ISLA-MARTINEZ - Monsieur Christophe NEMOS

69^e Section : NEUROSCIENCES

Madame Sylvie MULTON

=====

MAÎTRES DE CONFÉRENCES ASSOCIÉS DE MÉDECINE GÉNÉRALE

53^e Section, 3^e sous-section : (*Médecine générale*)

Docteur Cédric BERBE

=====

DOCTEURS HONORIS CAUSA

Professeur Pierre-Marie GALETTI (1982)
Brown University, Providence (U.S.A)

Professeure Mildred T. STAHLMAN (1982)
Vanderbilt University, Nashville (U.S.A)

Professeur Théodore H. SCHIEBLER (1989)
Institut d'Anatomie de Würzburg (R.F.A)

Professeur Mashaki KASHIWARA (1996)
Research Institute for Mathematical Sciences de Kyoto (JAPON)

Professeur Ralph GRÄSBECK (1996)
Université d'Helsinki (FINLANDE)

Professeur Duong Quang TRUNG (1997)
Université d'Hô Chi Minh-Ville (VIËTNAM)

Professeur Daniel G. BICHET (2001)
Université de Montréal (Canada)

Professeur Marc LEVENSTON (2005)
Institute of Technology, Atlanta (USA)

Professeur Brian BURCHELL (2007)
Université de Dundee (Royaume-Uni)

Professeur Yunfeng ZHOU (2009)
Université de Wuhan (CHINE)

Professeur David ALPERS (2011)
Université de Washington (U.S.A)

Professeur Martin EXNER (2012)
Université de Bonn (ALLEMAGNE)

REMERCIEMENTS

À notre Maître et Président du Jury

Monsieur le Professeur Jean PAYSANT

Professeur des Universités - Praticien Hospitalier de Médecine Physique et de Réadaptation au CHRU de Nancy et à l'Institut Régional de Réadaptation Louis Pierquin de Nancy.

Vous me faites l'honneur de présider ce jury de thèse.

Je vous remercie pour votre soutien, votre aide, pour votre écoute et votre bienveillance, dans le cadre de ces travaux mais aussi de tout mon internat

À notre Maître et Juge

Monsieur le Professeur Mathias POUSSEL

Professeur des Universités - Praticien Hospitalier de Physiologie au CHRU de Nancy.

Vous me faites l'honneur de votre présence et de juger mon travail, veuillez recevoir mes plus sincères remerciements et l'assurance de mon profond respect à votre égard.

À notre Maîtresse et Juge

Madame la Docteure Isabelle THAON

Maîtresse de Conférence des Universités - Praticienne Hospitalière de Médecine et Santé au Travail au CHRU de Nancy.

Veillez recevoir mes plus sincères remerciements pour votre présence ce jour, pour avoir accepté de juger ce travail et pour l'intérêt que vous portez à cette thèse.

Je vous prie de croire en le plus grand respect que je vous porte ainsi qu'à ma plus sincère reconnaissance.

À notre Maître et Directeur de Thèse

Monsieur le Docteur Noël MARTINET

Docteur en Médecine Physique et de Réadaptation à l'Institut Régional de Réadaptation Louis Pierquin de Nancy.

Je te remercie pour ton professionnalisme, ta pédagogie, ta bienveillance qui m'ont fait tant apprécier de travailler à tes côtés, à la fois dans le cadre de l'appareillage mais aussi dans le cadre de ce travail.

A Monsieur Alain PAWLOWSKI

Responsable au Département d'Essais au CERAH, Ministère des Armées,
Invité en qualité de Juge.

Pour toute sa contribution et son long travail réalisé sur ce sujet, sa grande compétence, sa patience et son savoir-faire précieux.

A la Docteure Isabelle LOIRET,

Pour son aide et sa compétence tout au long de la mise en place et de la réalisation de cette étude.

Au Docteur Rémi LECLAIRE,

Aux parcours, aux nombreuses passions et aux visions communes qui nous allient.

A tes conseils, ton soutien, ton encadrement, ta bienveillance, à tout le savoir que tu me transmets quotidiennement sans faillir.

A toute la bonne humeur que tu m'apportes et qui renforce mon désir de donner le meilleur de moi.

Mais surtout à l'immense travail de relecture, de conseils apportés par ses soins et qui ont grandement participé à l'élaboration de ce manuscrit.

A Vincent DINOT,

A tous ces bons moments passés ensemble au cours de notre internat mais aussi et surtout à l'aide inestimable que tu m'as apporté dans l'analyse de ces données.

A l'équipe du CERAH et d'ACEKARE, le Dr Pascale FODE, à Géraldine, Joseph, Cyril, Patrick et toutes celles et ceux avec qui j'ai travaillé sur ce projet,

Pour leur disponibilité, leur amabilité et leur professionnalisme

Sans eux, ce travail n'aurait jamais pu être mené à son terme.

A mes parents, Philippe et Lucia.

Qui m'ont toujours soutenu, aimé, aidé et accompagné dans toutes les épreuves et aussi tous les moments de bonheur dans ma vie. De mon enfance heureuse à vos côtés jusqu'à aujourd'hui et pour encore toute la vie, grâce à vous, à vos enseignements et à votre amour. Je ne saurais jamais comment vous remercier assez. J'espère que vous serez aussi fiers que je le suis de vous avoir pour parents.

A mes grandes sœurs et mes beaux-frères, Audrey, Julie, Sébastien et Camille.

A tous ces moments heureux de partage, de bonheur que j'ai aimé passer à vos côtés et que j'espère vivre encore.

A Sarah, ma Sarouge. Ma moitié. Mon amour. Mon soutien permanent.

Tes rires et sourires qui illuminent tant d'innombrables journées. Tes conseils et ton soutien sans faille qui effacent mes peurs et mes angoisses. Ces beaux moments quotidiens, banals ou exceptionnels, qui font le sens de ma vie. Je t'aime.

A Guillaume, éternellement dans mon cœur.

Je ne t'oublierai jamais et j'espère, où que tu sois, te rendre fier. J'aurais tellement souhaité que tu puisses être là parmi nous. Tu étais une si belle personne, si brillante, si avenante et si généreuse. Tu me manques mon ami.

A Adrien et Pierre, mes plus fidèles soutiens.

Jamais je ne pourrai vous faire comprendre à quel point vous avoir rencontré me rend heureux et fait de moi une meilleure personne grâce à ce que vous m'apportez. Merci pour tous ces moments où vous m'avez donné tant de rire, de bonheur, de connaissance et de gratitude.

A Ugo, Anthony, Pauline, Mathilde... pour ces milliers de souvenirs et de bonheur insouciant : avec ou sans pulpe, avec ou sans surnom chinois, avec ou sans rattrapage et déprime dans la boue, avec ou sans plâtre d'un mètre de long

A Charles, pour tous ces moments ensemble comme aux sommets corses, à ta tentative (désespérée) d'améliorer ma souplesse au yoga.

A Marie, pour sa bonne humeur intarissable, sa motivation permanente et pour m'avoir permis de maintenir (un peu) mon cardio et ma connaissance viticole

A Simon, pour la meilleure kurtinette jamais réalisée et sa terrible propension à entrer sans frapper,

A Camille et Armand, pour m'avoir fait comprendre que rien ne vaut un bon déguisement et un bon jacuzzi.

A Manon pour m'avoir permis de survivre en germanie.

A Florène et Guillaume, pour notre passion commune pour le sport et le terroir.

A mes co-internes actuels et passés,

Marina pour ta grande gentillesse et ton dévouement aux autres,

Magali pour m'avoir aidé à monter cet escalier et parce qu'elle aime les tortues,

Vincent pour avoir aidé Magali dans cet escalier et pour toutes les fois où il a demandé de reformuler,

Pierrick pour sa passion pour la douleur qui n'a rien à voir avec celle du lancer de haches,

Mathilde pour m'avoir gardé et supporté en même temps que les enfants,

Bouchra parce qu'elle ne fait pas l'amalgame entre la coquetterie et la classe,

Fabien pour nos grandes discussions et nos passions communes,

Laure pour m'avoir fait découvrir les richesses de la Lozère et des playmobils,

Sarah pour nous avoir montré comment jouer béton au tarot,

Nicolas pour sa passion cachée pour la muscu, pour les livres et les crânes,

Et aussi à Manon, Arthur, Marion, Adeline, Dorian ...

Merci pour votre bonne humeur, votre soutien, votre esprit de groupe et votre générosité.

A toutes les autres personnes, amis, connaissances rencontrées et pour tous les moments passés à vos côtés.

A la Docteure Clémence DEFFINIS, pour son exceptionnelle gentillesse et sa grande compétence, pour m'avoir supporté durant les dernières semaines de travail

Aux médecins avec qui j'ai travaillé,

Merci pour tout ce que vous m'avez transmis pour votre présence et vos conseils ayant permis de m'améliorer

Merci à toutes et tous pour ces moments passés à vos côtés, qui m'ont permis d'aimer cette spécialité, d'apprécier le partage permanent, humain, intellectuel et émotionnel que constitue l'exercice de la plus belle médecine du monde : celle de sauver la qualité de vie.

Sans vous, je n'aurais pu pérenniser ce qui est l'origine de ma motivation : l'envie d'aider, d'apprendre et de s'améliorer constamment.

SERMENT

« **A**u moment d'être admis à exercer la médecine, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité. Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments, physiques et mentaux, individuels et sociaux. Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions. J'interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité. J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences. Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des circonstances pour forcer les consciences. Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera. Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admis dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me sont confiés. Reçu à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs. Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement les agonies. Je ne provoquerai jamais la mort délibérément.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leurs familles dans l'adversité.

Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ; que je sois déshonoré et méprisé si j'y manque ».

LISTE DES ABRÉVIATIONS

| | |
|--------|---|
| AEP | Assistance Electrique à la Propulsion |
| AVC | Accident Vasculaire Cérébral |
| AVQ | Activités de la Vie Quotidienne |
| CERAH | Centre d'Etudes et de Recherche sur l'Appareillage des Handicapés |
| CIF | Classification Internationale du Fonctionnement |
| COPM | Canadian Occupational Performance Measure |
| DASH | Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand |
| DM | Dispositif Médical |
| EN | Echelle Numérique |
| EQ | EuroQol 5 Dimensions |
| ESAT | Évaluation de la Satisfaction envers une Aide Technique |
| EN | Echelle Numérique |
| FC | Fréquence Cardiaque |
| FR | Fauteuil Roulant |
| FRE | Fauteuil Roulant Electrique |
| FRH | Fauteuil Roulant Hybride |
| FRM | Fauteuil Roulant Manuel |
| IRR | Institut Régional de Réadaptation |
| MHAVIE | Mesure des Habitudes de VIE |
| MS | Membre Supérieur |
| OCDE | Organisation de Coopération et de Développement Economique |
| OMS | Organisation Mondiale de la Santé |
| PAPAW | Pushrim Activated Power Assisted Wheelchair |
| PIADS | Psychosocial Impact of Assistive Device Scale |
| QV | Qualité de Vie |
| RPE | Rated Perceived Exertion |
| SF36 | The Short Form 36 Health Survey |
| UE | Union Européenne |
| WST | Wheelchair Skills Test |

LISTE DES FIGURES

| | |
|--|----|
| Figure 1 : Photographie de dispositifs d'AEP type « roues motorisées » installés sur des FRM : à gauche le Yamaha JWII et à droite le Alber E-Motion..... | 27 |
| Figure 2 : Photographie en situation d'un exemple d'AEP de type « troisième roue centrale »..... | 28 |
| Figure 3 : Diagramme de flux détaillant la procédure de collecte des données, les caractéristiques populationnelles et les modalités d'évaluation..... | 29 |
| Figure 4 : Fréquence du recrutement des sujets selon leur expérience d'utilisation du FRM | 30 |
| Figure 5 : Fréquence du recrutement selon l'étiologie chez les utilisateurs réguliers de FRM | 31 |
| Figure 6 : Fréquence des conditions d'études des dispositifs..... | 31 |
| Figure 7 : Proportions des différents designs d'évaluation | 32 |
| Figure 8 : Nombre d'évaluations par type d'AEP et par modèle (orange : non précisé, vert : troisième roue centrale, bleu : roues motorisées)..... | 33 |
| Figure 9 : Nombre d'études par catégorie de critères de jugement relatifs à la performance | 34 |
| Figure 10 : Nombre d'études par critère de jugement relatif au bien-être de l'individu | 35 |
| Figure 11 : Vue latérale du système YOMPER. La roue centrale est amortie et est équipée d'un pneumatique. L'installation des rails prend une quinzaine de minutes. La mise en place et le retrait du dispositif prend quelques secondes moyennant une poignée..... | 39 |
| Figure 12 : Détails de la partie amovible du dispositif, comprenant la roue, la batterie, le moteur et son électronique | 40 |
| Figure 13 : Détails du boîtier amovible, attaché sur l'utilisateur grâce à une sangle velcro. Il permet de contrôler et modifier certains paramètres via une connexion sans fil, ainsi que de démarrer et arrêter le moteur | 41 |
| Figure 14 : Plan du parcours extérieur avec mesures de distance et déclivité. Les triangles colorés désignent le sens de circulation | 48 |

| | |
|---|----|
| Figure 15 : Diagramme résumant le processus d'évaluation de la première phase . | 52 |
| Figure 16 : Diagramme de flux représentant le déroulement de la deuxième phase | 55 |
| Figure 17 : Étiologies d'utilisation du fauteuil roulant manuel au sein de la population | 58 |
| Figure 18 : Fréquence des antécédents à l'interrogatoire (MS : Membre supérieur) | 59 |
| Figure 19 : Fréquence de gêne fonctionnelle au(x) membre(s) supérieur(s) et localisation..... | 60 |
| Figure 20 : Comparaison des valeurs mesurées sur l'échelle de Borg après parcours et selon le type d'aide à la propulsion..... | 62 |
| Figure 21 : Représentation graphique de la recherche d'un effet séquence et d'un effet période sur le critère de jugement principal..... | 63 |
| Figure 22 : Comparaison des valeurs de variation de fréquence cardiaque (en battements par minute) après parcours et selon le type d'aide à la propulsion | 65 |
| Figure 23 : Comparaison du nombre de poussées durant l'effort après parcours et selon le type d'aide à la propulsion | 65 |
| Figure 24 : Comparaison des valeurs de fatigue ressentie aux membres supérieurs sur une EN de 1 à 5 après parcours et selon le type d'aide à la propulsion | 66 |
| Figure 25 : Comparaison du score au WST après parcours intérieur et selon le type d'aide à la propulsion..... | 66 |
| Figure 27 : Distance totale parcourue selon le fauteuil et le mode de propulsion au cours de l'essai à domicile..... | 69 |
| Figure 28 : Scores au questionnaire de qualité de vie SF-36 selon le type de fauteuil au cours de l'essai à domicile..... | 70 |
| Figure 29 : Satisfaction moyenne sur le score ESAT selon le fauteuil utilisé au cours de l'essai à domicile | 71 |

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|---|----|
| Tableau 1 : Caractéristiques démographiques de la population : âge, temps depuis possession du fauteuil, taille, poids, fréquence cardiaque maximale théorique, et antécédents : douleurs aux membres supérieurs, gêne fonctionnelle, antécédents cardiorespiratoires | 57 |
| Tableau 2 : Comparaison de l'effort perçu sur l'échelle de Borg lors de la propulsion sur le parcours extérieur avec et sans AEP..... | 61 |
| Tableau 3 : Comparaison des critères secondaires relatifs à la performance avec et sans AEP : fréquence cardiaque, nombre de poussées, fatigue ressentie et score total au WST | 64 |
| Tableau 4 : Satisfaction évaluée sur le score ESAT et ses sous-scores | 67 |
| Tableau 5 : Comparaison de l'effet de l'AEP sur la distance parcourue, les scores SF-36 et ESAT lors de l'essai à domicile..... | 68 |

TABLE DES MATIÈRES

| | |
|---|----|
| LISTE DES ABRÉVIATIONS | 18 |
| LISTE DES FIGURES | 19 |
| LISTE DES TABLEAUX | 21 |
| 1 INTRODUCTION | 24 |
| 1.1 La qualité de vie et ses déterminants | 24 |
| 1.2 Le fauteuil roulant manuel | 26 |
| 1.3 Le fauteuil roulant électrique | 26 |
| 1.4 Les fauteuils roulants hybrides | 27 |
| 1.4.1 Revue de la littérature..... | 29 |
| 1.4.1.1 Populations..... | 30 |
| 1.4.1.2 Designs..... | 31 |
| 1.4.1.3 Méthodes d'évaluations | 33 |
| 1.4.1.4 Limites de la littérature | 35 |
| 1.4.2 Impact positif du FRH dans la littérature | 36 |
| 1.4.3 Limites du FRH dans la littérature..... | 37 |
| 1.5 Le dispositif Yomper..... | 38 |
| 1.6 Intérêt d'une évaluation prospective..... | 41 |
| 2 ARTICLE | 43 |
| 2.1 Matériel et méthodes..... | 43 |
| 2.1.1 Objectif | 43 |
| 2.1.2 Matériels | 43 |
| 2.1.2.1 Population..... | 43 |
| 2.1.2.2 Evaluations et mesures | 44 |
| 2.1.2.3 Deuxième phase : à domicile..... | 49 |
| 2.1.3 Méthodes..... | 50 |
| 2.1.4 Première phase : en laboratoire..... | 51 |
| 2.1.4.1 Installation et prise en main du dispositif | 53 |
| 2.1.4.2 Parcours extérieur | 53 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 2.1.4.3 | Parcours intérieur | 53 |
| 2.1.4.4 | Changement de groupe | 53 |
| 2.1.4.5 | Questionnaire ESAT | 54 |
| 2.1.5 | Deuxième phase : à domicile..... | 54 |
| 2.2 | Analyse des données | 56 |
| 2.3 | Résultats | 57 |
| 2.3.1 | Population..... | 57 |
| 2.3.2 | Première phase : performances en laboratoire..... | 60 |
| 2.3.2.1 | Critère de jugement principal..... | 61 |
| 2.3.2.2 | Critères de jugement secondaires | 64 |
| 2.3.3 | Deuxième phase : mobilité, satisfaction, qualité de vie à domicile..... | 67 |
| 2.3.3.1 | Mobilité | 69 |
| 2.3.3.2 | Qualité de vie et satisfaction..... | 70 |
| 2.4 | Discussion | 71 |
| 2.4.1 | Performances en laboratoire | 72 |
| 2.4.2 | Transposition en situation écologique..... | 73 |
| 2.4.2.1 | Temporalité..... | 74 |
| 2.4.2.2 | Méthodes d'évaluation..... | 75 |
| 2.4.2.3 | Limitations du dispositif, changements pratiques et facteurs psychosociaux. | 75 |
| 2.4.2.4 | Modèle théorique et mesures | 76 |
| 2.4.2.5 | Efficienc e énergétique | 77 |
| 2.4.2.6 | Intérêt du FRH | 78 |
| 2.5 | Conclusion et perspectives | 79 |
| 3 | BIBLIOGRAPHIE..... | 81 |
| 4 | ANNEXES..... | 92 |
| 4.1 | Annexe 01 | 92 |
| 4.2 | Annexe 02 | 93 |
| 4.3 | Annexe 03 | 101 |
| 4.4 | Annexe 04 | 102 |
| 4.5 | Annexe 05 | 103 |
| 4.6 | Annexe 06 | 107 |

1 INTRODUCTION

Le progrès médical moderne a amené une diminution de la mortalité dans les pays développés. Parallèlement, le vieillissement des populations tend à l'émergence d'une nouvelle problématique du fait de l'augmentation de la morbidité et des handicaps physiques.

1.1 La qualité de vie et ses déterminants

L'amélioration de la qualité de vie (QV) est un des défis les plus importants du système de santé. L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) la définit comme « la perception qu'un individu a de sa place dans la vie, dans le contexte de la culture et du système de valeurs dans lequel il vit, en relation avec ses objectifs, ses attentes, ses normes et ses inquiétudes ». Elle peut être influencée par la santé physique du sujet, son état psychologique et son niveau d'indépendance, ses relations sociales et sa relation à son environnement [1]. Elle comprend l'ensemble des réactions émotionnelles et cognitives dans un contexte culturel et de valeurs sociales, tout en tenant compte des objectifs, attentes, normes et préoccupations personnelles [2].

La qualité de vie d'un individu dépend de sa santé physique, de ses activités, de sa participation, de facteurs personnels et de facteurs environnementaux. Ces facteurs sont interdépendants et souvent ciblés en vue d'interventions dans le domaine de la santé et de la rééducation [3,4].

La mobilité est présentée par l'OMS comme une part essentielle de la bonne santé d'un individu et notamment essentielle au maintien d'une vie active [5]. Les limitations à la mobilité sont associées à de faibles niveaux d'engagement social [6] et la mobilité réduite diminue les chances de participer à des activités sociales et culturelles [7]. L'indépendance à la mobilité est donc l'un des plus importants déterminants de la QV des personnes handicapées [8].

En Europe, environ un cinquième des habitants devraient présenter une forme de handicap à partir de 2020 selon les estimations [9]. Aux USA, déjà un tiers des adultes âgés ont des difficultés à la mobilité [10].

Dans les pays de l'OCDE, on retrouve une similarité de prévalence : 1,0% à 1,4% de la population présente un handicap à la mobilité sévère nécessitant une aide régulière. Cela représente environ 700.000 personnes en France.

Le fauteuil roulant manuel (FRM) et ses variantes contemporaines tiennent une place centrale et croissante ; les variantes comprennent notamment les Fauteuils Roulants Electriques (FRE) et les Fauteuils Roulants Hybrides (FRH) appelés souvent Assistances Electriques à la Propulsion (AEP) ou PAPA en langue anglaise (*Pushrim Activated Power Assisted Wheelchair*).

Malgré une diversification des technologies d'aide à la mobilité, le FRM continue de représenter la solution la plus utilisée [11,12].

Aux Etats-Unis, entre 2,7 et 3,3 millions de personnes sont utilisatrices de fauteuils roulants dont environ 1,825 millions ont plus de 65 ans [11,12]. En Europe, il s'agit d'environ 5 millions de personnes et il a été estimé que 20 millions ayant besoin d'un FRM n'en bénéficient pas, et que parmi ceux qui possèdent un fauteuil très peu en possèdent un en adéquation avec leurs besoins [13]. En France, Vignier estime en 2008 qu'au minimum 360.000 personnes dépendent d'un fauteuil pour se déplacer à domicile et/ou en extérieur [14].

Depuis 1980, cette prévalence d'utilisation du FRM est en constante augmentation y compris dans d'autres pays comme le Canada, les USA et la Grande Bretagne du fait d'une multiplicité de facteurs : augmentation de la démographie, vieillissement de la population, acquisition personnelle de FRM, changements dans les pratiques médicales et de prescription et plus généralement dans la perception du handicap dans nos sociétés [15]. Pour ces différentes raisons, le marché mondial de l'aide à la mobilité devrait croître de façon exponentielle [16].

Le rapport 2019 des Nations Unies sur la démographie mondiale nous apprend que les plus de 65 ans représentaient 6% de la population en 1990 et que leur part a progressé jusqu'à 9% en 2019. Cette proportion devrait encore augmenter à 16% d'ici 2050, de sorte qu'une personne sur six dans le monde sera âgée de 65 ans ou plus [17].

1.2 Le fauteuil roulant manuel

Développé pour répondre à cette problématique, le FRM est reconnu de manière consensuelle comme améliorant la mobilité, les performances dans les activités quotidiennes, l'indépendance fonctionnelle, la participation et la qualité de vie [18].

Certains facteurs limitent malheureusement ses avantages [19] comme des facteurs extrinsèques en rapport avec l'environnement, l'architecture ou le climat [20–24]. Minimiser les barrières environnementales et les risques pour la sécurité des usagers pourrait permettre d'améliorer la mobilité et la participation d'une frange croissante de la population [25]. Néanmoins, ces axes d'amélioration dépendent de mutations sociétales, architecturales et politiques qui excèdent pour la plupart la prise en charge médicale.

Des limites intrinsèques à l'efficacité du FRM sont aussi fréquemment retrouvées, par exemple les douleurs progressives aux membres supérieurs qui concernent plus des deux tiers des usagers [26,27] comme la survenue de syndromes du canal carpien [28] et les troubles musculosquelettiques comme les conflits sous-acromiaux [29–31]. Ces facteurs sont principalement liés aux mouvements répétitifs inhérents à la propulsion manuelle [32], sont difficilement évitables pour les usagers réguliers [33–36] et justifient parfois le recours à d'autres aides à la mobilité [37].

1.3 Le fauteuil roulant électrique

Le fauteuil roulant électrique (FRE) est une des solutions apportées aux personnes ne pouvant se propulser manuellement ou faisant l'objet de complications à la suite de l'utilisation du FRM. Fruit de longues évolutions technologiques [10,19,38–40], son utilisation est reconnue comme améliorant l'activité, la participation [41–44] et la qualité de vie [45] à tous les âges [8,46–49]. Comme pour le FRM, l'utilisation rencontre des limites, comme l'accès difficile aux espaces exigües [50], les changements de niveau du sol ou les obstacles imprévus [51]. En outre, une désadaptation cardiovasculaire et musculaire se produit du fait de la seule propulsion motorisée [52]. Au vu de ces limites, d'autres solutions intermédiaires à mi-chemin permettant une propulsion électrique sans interdire la propulsion manuelle ont été envisagées.

1.4 Les fauteuils roulants hybrides

Innovations plus récentes, les dispositifs d'Assistance Electrique à la Propulsion (AEP) sont des motorisations réduites qui peuvent être installées sur des FRM et transformer ceux-ci en fauteuils roulants hybrides (FRH).

Les premiers modèles historiques ont consisté à remplacer les roues du fauteuil par des roues dont le moyeu contient un moteur électrique. Une interface logicielle permet l'ajustement de la puissance et de la durée de l'aide à la propulsion, parfois en temps réel via une télécommande déportée.

L'aide est le plus souvent déclenchée à chaque poussée sur les mains courantes, geste transparent pour l'utilisateur. Ce type d'activation définit une catégorie de dispositifs en langue anglaise, nommée « Pushrim Activated Power Assisted Wheelchair », littéralement « Fauteuil Roulant à Assistance Electrique Activée par la Main courante ». L'avantage procuré est de permettre la mise en place d'une motorisation sur un FRM sans que la conception de ce dernier n'ait été prévue en amont pour cette technologie. (Figure 1)



Figure 1 : Photographie de dispositifs d'AEP type « roues motorisées » installés sur des FRM : à gauche le Yamaha JWII et à droite le Alber E-Motion.

Durant la dernière décennie, les progrès techniques se sont poursuivis et une nouvelle architecture d'AEP a vu le jour avec l'abandon de la motorisation dans les deux moyeux de roue pour la mise en place d'une « troisième roue centrale » fixée sous l'assise. (Figure 2)



Figure 2 : Photographie en situation d'un exemple d'AEP de type « troisième roue centrale »

Cette innovation allège le dispositif – il ne pèse qu'un quart environ du poids d'une AEP de type « roues motorisées » -- et il n'est plus nécessaire d'intervenir les roues du fauteuil. En conséquence, l'installation s'en trouve théoriquement facilitée. De plus, le retrait du dispositif devient réalisable par le patient et il reste possible de plier le fauteuil.

Depuis l'apparition des AEP, différentes équipes de recherche à travers le monde se sont intéressées à leur impact sur l'utilisateur.

Un travail de revue de la littérature en rapport avec les avantages et inconvénients des AEP a été réalisé pour répondre à cette question. (*Annexe 1*)

1.4.1 Revue de la littérature

Des recherches ont été réalisées en juin 2020 sur les bases de données *Pubmed*, *Cochrane Library* et de *l'Université de Montréal* en utilisant les mots-clefs « *Wheelchair power assist* » et « *Wheelchair electric assist* ». L'objectif était de retrouver les essais cliniques évaluant un ou des dispositifs d'AEP.

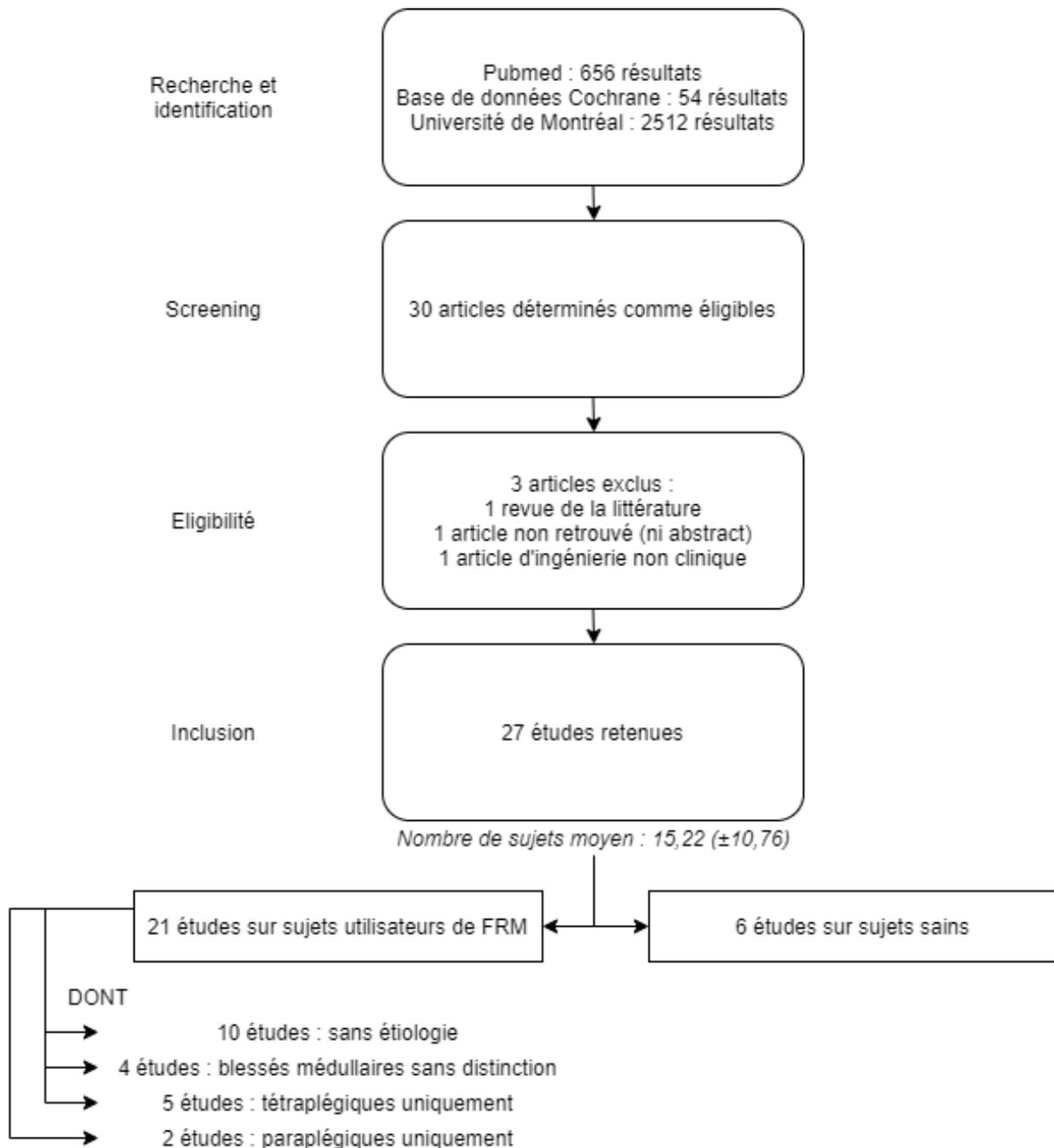


Figure 3 : Diagramme de flux détaillant la procédure de collecte des données, les caractéristiques populationnelles et les modalités d'évaluation

Trente publications datées de 2001 à 2020 ont été identifiées. (Figure 3)

Trois publications ont été exclues : une première du fait de son statut de revue de la littérature réalisé en 2013 par Kloosterman et ne présentant pas de nouvelles données cliniques [50], une deuxième du fait de l'impossibilité de consulter le document ainsi que son abstract malgré de nombreuses recherches [53] ainsi qu'une troisième consistant en une évaluation d'une AEP et de son respect des normes légales américaines qui ne correspondait pas à un essai clinique [54]. (Figure 3)

1.4.1.1 Populations

Vingt-sept études cliniques ont été retenues et le nombre de sujets moyen était de 15,22 ($\pm 10,76$). (Figure 3)

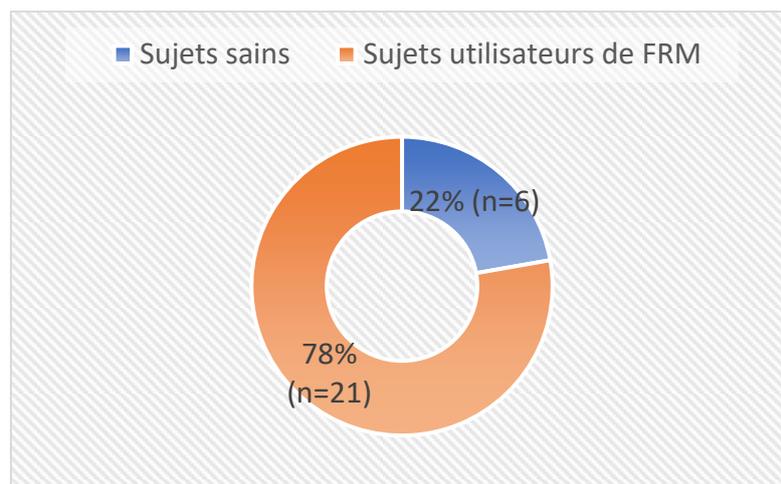


Figure 4 : Fréquence du recrutement des sujets selon leur expérience d'utilisation du FRM

Six études faisaient appel à des sujets sains (avec 18,3 ($\pm 12,69$) sujets en moyenne) contre vingt-et-unes à des utilisateurs présentant une affection nécessitant l'usage régulier du FRM (moyenne de 14,33 ($\pm 10,32$) sujets). (Figure 3 et Figure 4)

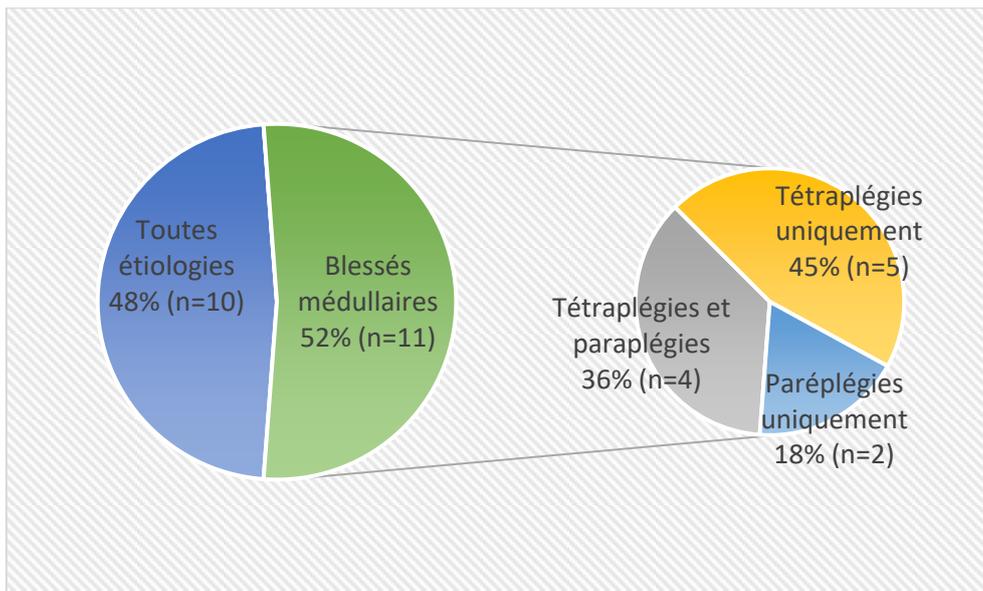


Figure 5 : Fréquence du recrutement selon l'étiologie chez les utilisateurs réguliers de FRM

Ces derniers étaient recrutés sans distinction d'étiologie dans dix études. Dans quatre études il s'agissait de blessés médullaires sans précision de niveau d'atteinte. Dans cinq études uniquement des tétraplégiques et dans deux études uniquement des paraplégiques. (Figure 5)

1.4.1.2 Designs

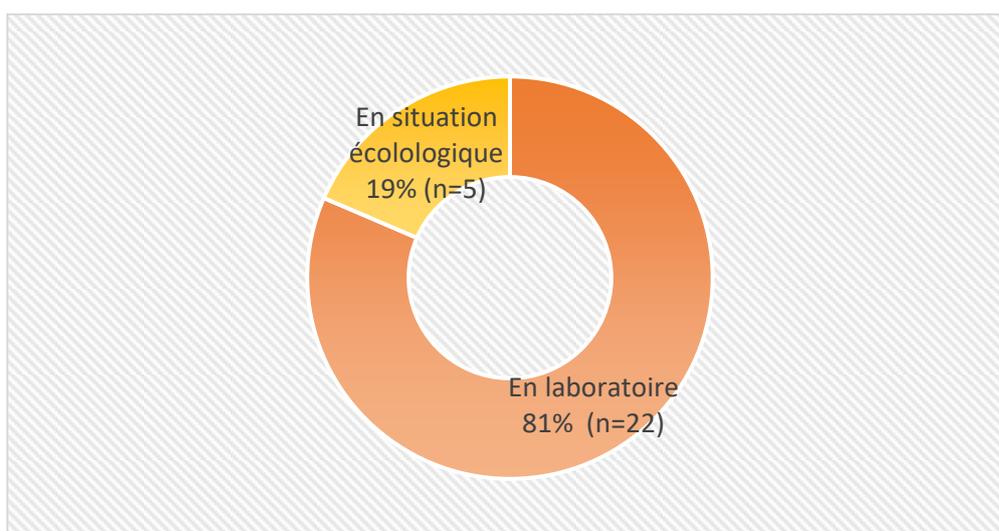


Figure 6 : Fréquence des conditions d'études des dispositifs

Vingt-deux études ont évalué les dispositifs en conditions de laboratoire contre cinq études en situation écologique au domicile. (*Figure 6*)

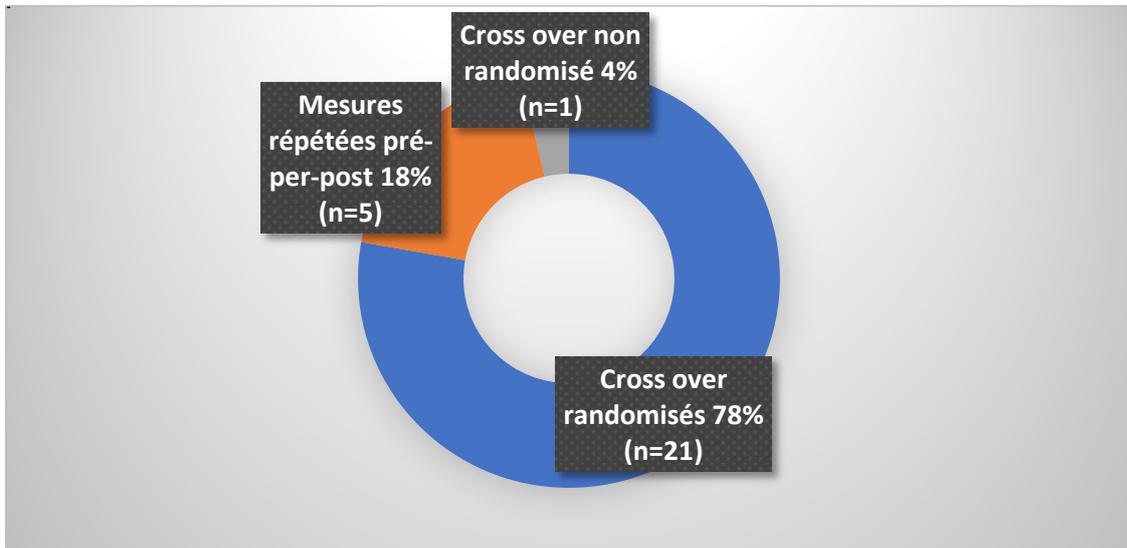


Figure 7 : Proportions des différents designs d'évaluation

Parmi les vingt-sept publications retenues, vingt-et-unes étaient des essais contrôlés randomisés en plan croisé, une étude utilisait un plan croisé non randomisé et cinq études ont réalisé des mesures répétées chez des participants sans contrôle ni randomisation (*Figure 7*).

Au total, trente évaluations comparatives étaient réalisées au sein de ces vingt-sept publications du fait de la présence de triples évaluations au sein de deux études.

1.4.1.2.1 Dispositifs étudiés

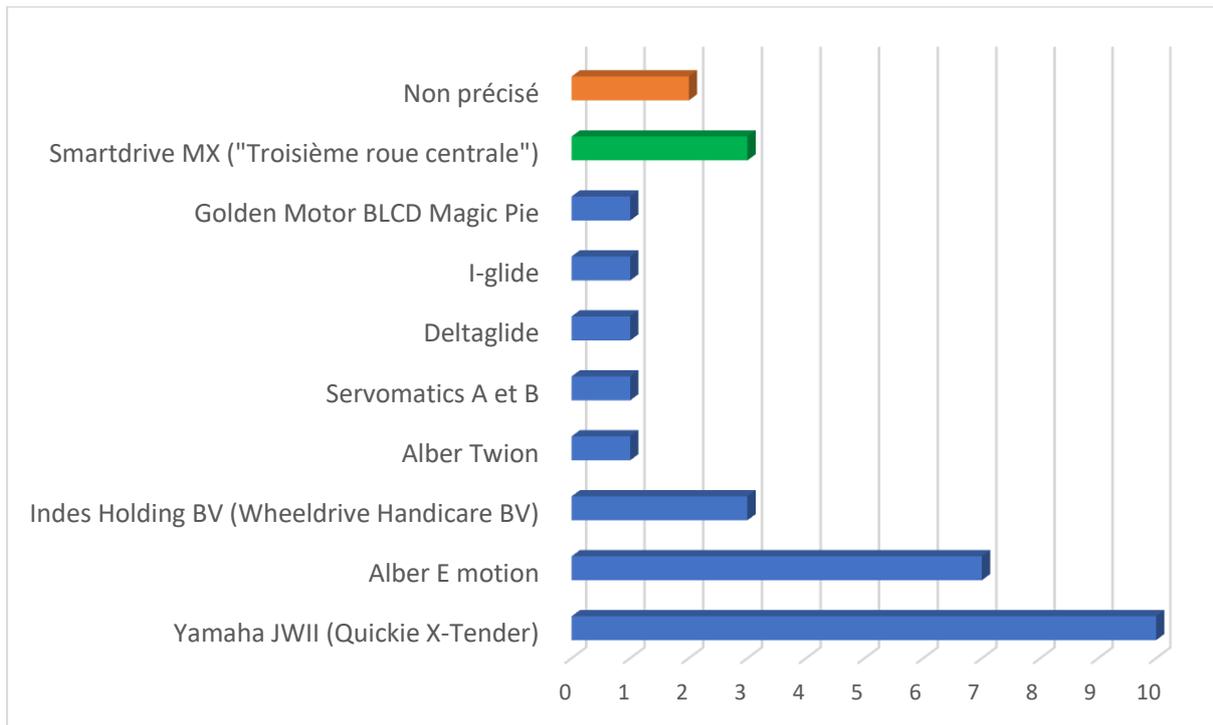


Figure 8 : Nombre d'évaluations par type d'AEP et par modèle (orange : non précisé, vert : troisième roue centrale, bleu : roues motorisées)

Au total, dix dispositifs différents ont été évalués.

Un seul dispositif était une « troisième roue centrale » nommé « Smartdrive MX » contre neuf de type « roues motorisées ». Deux dispositifs de type « roues motorisées » nommés « Alber E Motion » et « Yamaha JWII » mobilisaient dix-sept évaluations au total à eux seuls. Deux autres « roues motorisées » étaient regroupés sous forme d'un ensemble (Servomatics A et B) et les données ont été reprises sous cette forme. Deux études ne précisaient pas le dispositif étudié. (Figure 8)

1.4.1.3 Méthodes d'évaluations

1.4.1.3.1 Performances

Dix-huit études (66%) évaluaient les performances à la mobilité comme la distance parcourue, la vitesse ou le temps nécessaire pour franchir un obstacle/parcourir une distance donnée.

Quatorze (52%) s'intéressaient à la quantification de l'effort mécanique du patient par exemple via le nombre de mouvements de poussée des mains courantes.

Onze (41%) évaluaient l'effort clinique sur le plan cardiorespiratoire par exemple avec l'échelle de Borg.

Onze (41%) utilisaient des outils dynamométriques pour mesurer les forces en jeu au niveau des membres supérieurs lors de la propulsion.

Dix (37%) évaluaient la cinématique articulaire des membres supérieurs et/ou du tronc lors de la propulsion, quatre études intégraient une électromyographie des MS et quatre autres études appréciaient la manœuvrabilité du FRM avec et sans l'AEP. (Figure 9)

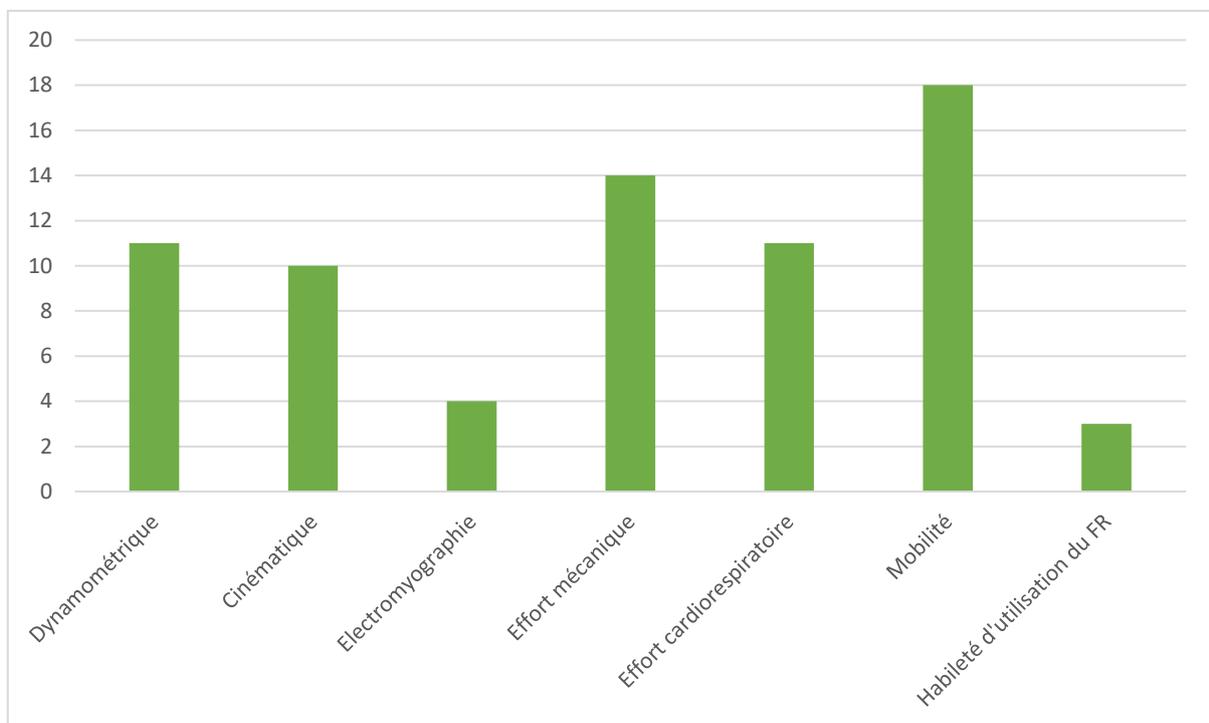


Figure 9 : Nombre d'études par catégorie de critères de jugement relatifs à la performance

1.4.1.3.2 Critères relatifs au bien-être de l'individu

Cinq études évaluaient les différents aspects du bien-être via différents questionnaires, dont quatre évaluaient l'activité des patients, quatre la participation, trois la satisfaction et une seule étude s'est intéressée à l'évaluation de la qualité de vie de manière indirecte. (Figure 10)

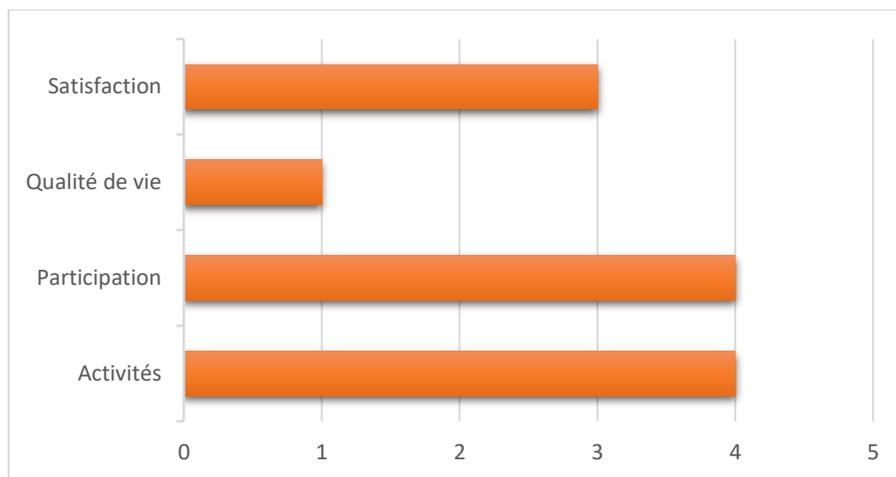


Figure 10 : Nombre d'études par critère de jugement relatif au bien-être de l'individu

1.4.1.4 Limites de la littérature

Un quart des études a étudié des sujets sains. Les auteurs rapportaient vouloir réduire la grande variance interindividuelle pouvant se manifester entre les utilisateurs de FRM et qui aurait entraîné un biais de confusion gênant la mesure de l'effet propre. Ce choix a pu aussi être motivé par des difficultés de recrutement comme le suggère le nombre moyen de sujets inclus plus élevé dans les études sur sujets sains. Cette caractéristique entraîne des limites à la généralisation des résultats.

La moitié des études sur utilisateurs de FRM s'intéressaient exclusivement aux blessés médullaires. L'autre moitié concernait toutes les étiologies sans distinction. Cependant, cette seconde moitié présentait tout de même une grande proportion de blessés médullaires comme le reconnaissent parfois les auteurs des publications. Cette surreprésentation pourrait être problématique d'autant plus que la prévalence des lésions médullaires dans les pays de l'OCDE fluctue entre 300 et 1000 cas par million d'habitant (0,03% à 0,1%), ce qui correspond à seulement un dixième à un quart des utilisateurs de FRM [55].

Certains auteurs excluaient les patients présentant des douleurs ou des comorbidités des membres supérieurs, douleurs concernant pourtant plus des deux-tiers des utilisateurs de FRM [26,27]. Ces critères de sélection pourraient entraîner un biais de

sélection réduisant l'intérêt des résultats pour la population d'utilisateurs de FRM dans son ensemble.

L'évaluation en laboratoire a été privilégiée par la littérature, notamment celle des performances de mobilité. Ces situations maîtrisées, bien que plus standardisées et plus commodes pour évaluer des dispositifs médicaux, n'en sont pas moins artificielles et peuvent entraîner une mésestimation de l'effet des AEP. En effet, les facteurs extrinsèques liés à l'environnement de vie peuvent présenter des obstacles ou des particularités qui rendent l'AEP moins efficace en situation écologique. Une minorité d'études concernait l'impact sur l'activité, la participation et la qualité de vie, avec des évaluations parfois non standardisées basées sur des entretiens qualitatifs, ou des mesures indirectes. De plus, près d'un quart des essais n'ont pas utilisé de randomisation.

La grande majorité des publications concernaient des dispositifs de type « roues motorisées » -- deux modèles captant plus de la moitié de la littérature -- alors que les « troisièmes roues centrales » étaient peu étudiées, étant pourtant les dispositifs les plus récents.

Ces caractéristiques pourraient être des facteurs limitants des résultats.

1.4.2 Impact positif du FRH dans la littérature

Lors de la propulsion assistée, il existe une diminution de l'inclinaison du poignet et de la flexion-extension [56]. L'amplitude de flexion-extension et de rotation des épaules diminue aussi significativement [50,56,57].

L'électromyographie retrouve une activité significativement réduite pour certains muscles du membre supérieur comme le grand pectoral et le triceps brachial lors de la propulsion assistée [50,58,59].

L'impact cardiovasculaire et respiratoire est plus faible avec une AEP : plusieurs auteurs retrouvent par exemple une baisse significative de la consommation d'oxygène lors de la propulsion [58,60–63]

Quatre cinquièmes des utilisateurs signalent une diminution de la fatigue ressentie pour le même effort qu'en FRM [64] avec une sensation d'effort diminuée sur l'échelle de Borg (Rate of Perceived Exertion ou RPE) [57,62,65–67].

La Fréquence Cardiaque (FC) est inférieure chez quatre cinquièmes des sujets [68] lors de la réalisation d'un parcours inspiré des Activités de la Vie Quotidienne (AVQ) [57,61], lors du franchissement de différentes surfaces rugueuses [59] ou sur plan incliné [63]. Plus de 70% des patients signalent une plus grande aisance à la propulsion notamment en pente [65] avec un intérêt pour atteindre des points en hauteur dans l'environnement extérieur [69].

Peu d'études se sont cependant intéressées à la transposition de ces bénéfices en situation réelle et en amélioration de la qualité de vie.

Une seule étude non randomisée a retrouvé une amélioration de la mobilité à domicile [59] en contradiction avec trois autres études réalisées sur des périodes plus courtes [69–71]. Par mesure indirecte uniquement, les utilisateurs sont près des deux tiers à rapporter subjectivement une amélioration du nombre d'activités réalisables grâce au dispositif d'AEP et à percevoir son utilisation comme moins contraignante que celle d'un FRM [64]. Entre 18% et 65% des utilisateurs pensent que l'AEP permet de bénéficier d'une meilleure indépendance [64,70] et une étude a mis en évidence grâce à un questionnaire ouvert que les participants estiment leur qualité de vie meilleure lors de l'utilisation d'une AEP [70].

1.4.3 Limites du FRH dans la littérature

L'usage du FRH est aussi limité par divers facteurs : le dispositif de type « roues motorisées » est plus lourd de plus d'une dizaine de kilogrammes par roue et moins maniable pour certaines tâches [72].

De plus, installer ces dispositifs nécessite de changer les roues du fauteuil et cette tâche peut-être très difficile voire impossible à réaliser par des patients seuls, à fortiori lorsqu'ils présentent une limitation fonctionnelle des membres supérieurs [63].

En outre, les utilisateurs font face à de grandes difficultés pour l'entrée et la sortie d'un véhicule [64,70]. Cooper rapporte que le transfert voiture n'est pas réalisable pour la moitié des patients du fait du poids supplémentaire pour les roues motorisées [61,64].

La mise en place d'un dispositif d'AEP entraîne des difficultés ou une contre-indication au levé des roues avant pour des raisons de sécurité. Cette action de

levage des roues est pourtant nécessaire au franchissement d'obstacles quotidiens comme les seuils de porte ou les trottoirs [73].

Le FRH semble également délétère lorsqu'un plus grand contrôle est nécessaire, notamment lors des virages, ou lors du franchissement de seuils de porte, d'espaces étroits, ou de dénivelés. Conduire un FRM avec AEP dans des endroits confinés du fait des roues plus larges est considéré comme difficile pour 20% des utilisateurs [69,70].

En environnement domestique, la littérature ne montre pas de différence sur l'activité et la participation, évaluées par des questions fermées, des questionnaires ouverts ou par un questionnaire validé comme le « Canadian Occupational Performance Measure » [64,69–71].

La grande majorité des dispositifs étudiés dans la littérature sont néanmoins des AEP de type « roues motorisées ». Seul un modèle de « troisième roue centrale » a été l'objet de trois évaluations dont les conclusions ne permettent pas de présumer de la même efficacité sur l'amélioration des performances. Enfin, les contraintes mises en évidence auparavant et conjecturées depuis comme amoindries par la nouvelle architecture n'ont pas été examinées. Il n'existe notamment pas d'étude comparative des avantages et des différences par rapport aux anciens dispositifs de type « roues motorisées ».

Compte-tenu de ces limites, notre attention s'est portée sur une AEP de type « troisième roue centrale ».

1.5 Le dispositif Yomper

La société française Acekare propose un premier prototype d'AEP dénommé « Yomper ».

Plusieurs versions ont vu le jour, dont la version 2.0 au cours de l'année 2019 qui présentait quelques améliorations ergonomiques et techniques.

Le Yomper consiste en une troisième roue centrale, pneumatiquée et amortie, solidarisée au châssis sous l'assise du FRM après mise en place au préalable de rails de fixation.

Le dispositif se base sur un système de rails fixés sous l'assise du FRM du patient et sur l'essieu. La fixation peut s'effectuer sur tous types de FRM, à assise fixe et à assise pliante de type croisée, dans la limite de dimensions spécifiées par le constructeur.

La roue centrale d'un diamètre de 8 pouces (20,32cm) est solidarisée à un boîtier contenant le moteur électrique et la batterie. L'ensemble se glisse dans les rails préalablement fixés sous l'assise jusqu'à une position de verrouillage. L'ensemble peut se retirer en saisissant une poignée avec interrupteur poussoir déverrouillant le dispositif et permettant le glissement inverse et le retrait de l'ensemble. Les rails peuvent alors rester en place sans gêner l'utilisation ni le pliage du fauteuil jusqu'à leur retrait éventuel. (Figures 11 et 12)



Figure 11 : Vue latérale du système YOMPER. La roue centrale est amortie et est équipée d'un pneumatique. L'installation des rails prend une quinzaine de minutes. La mise en place et le retrait du dispositif prend quelques secondes moyennant une poignée



Figure 12 : Détails de la partie amovible du dispositif, comprenant la roue, la batterie, le moteur et son électronique

Le dispositif pèse un peu plus de 6 kg et peut propulser un utilisateur de 120 kg au maximum pour une autonomie de 20 km.

Pour démarrer l'assistance électrique, l'utilisateur doit propulser manuellement le fauteuil et dépasser un seuil d'accélération minimum, point à partir duquel le moteur électrique démarre et fait tourner la roue motrice.

Le dispositif présente deux modes de fonctionnement : « intérieur » et « extérieur ». Le choix entre ces modes s'effectue sous l'assise via un interrupteur. Un boîtier télécommande fixé sur le patient permet de sélectionner un réglage de vitesse allant de 2 à 10 km/h par paliers. (Figure 13)



Figure 13 : Détails du boîtier amovible, attaché sur l'utilisateur grâce à une sangle velcro. Il permet de contrôler et modifier certains paramètres via une connexion sans fil, ainsi que de démarrer et arrêter le moteur

Une fois activée, la motorisation propulse en continu le fauteuil roulant à la vitesse définie. Ce fonctionnement diffère des AEP antérieures, qui nécessitent de nouvelles poussées sur les mains courantes pour maintenir l'assistance en marche.

Pour arrêter le fauteuil en mode intérieur, les utilisateurs doivent appliquer une force de freinage suffisante sur les mains courantes afin de dépasser le seuil de décélération de l'appareil et entraîner l'extinction du moteur.

Pour arrêter le fauteuil en mode extérieur, l'utilisateur doit d'abord appuyer sur le boîtier télécommande pour éteindre le moteur.

1.6 Intérêt d'une évaluation prospective

Ce dispositif, fruit d'innovations techniques, permet entre autres une diminution de l'encombrement et du poids par rapport aux « roues motorisées » et introduit également un nouveau paramétrage de la propulsion.

La nouvelle architecture de type troisième roue centrale ainsi que le maintien d'une propulsion électrique jusqu'à désactivation n'ont fait l'objet que d'un nombre restreint d'études [74–76].

Celles-ci n'ont pas évalué les conséquences sur l'effort perçu ni l'impact en situation écologique mais se sont intéressées en laboratoire aux modifications cinématiques et dynamométriques lors de la propulsion. Ces dernières étaient en faveur d'une

similarité d'efficacité pour ces critères par rapport aux AEP de type « roues motorisées ».

Bien que l'on puisse imaginer qu'une assistance électrique de ce nouveau type puisse présenter des avantages similaires à ceux des « roues motorisées », le poids plus léger, la conception différente et les changements de mode de fonctionnement de l'appareil peuvent justifier une attention particulière.

Les modifications techniques apportées par ce dispositif permettent-elles, comme les prédécesseurs, d'améliorer l'effort perçu et de diminuer les contraintes mécaniques lors de la propulsion ? Dans quelle proportion ? Existe-t-il un impact négatif sur l'habileté à utiliser le FRM ?

Ces innovations autorisent-elles par la suite une amélioration de la mobilité, de la satisfaction et de la qualité de vie en situation écologique, contrairement à ce que la littérature rapporte pour les dispositifs antérieurs ?

Devant ces interrogations, un essai clinique randomisé en plan croisé et en deux phases a été imaginé et réalisé dans l'optique d'évaluer les performances apportées en laboratoire par ce nouveau type d'AEP et si ces améliorations sont transposées à domicile en une meilleure mobilité, satisfaction, et/ou qualité de vie.

2 ARTICLE

2.1 Matériel et méthodes

2.1.1 Objectif

L'objectif de l'étude était d'évaluer dans un premier temps l'impact du nouveau type d'AEP nommé « troisième roue centrale » sur l'effort perçu, les contraintes mécaniques et l'habileté à manœuvrer par rapport au FRM seul.

La seconde partie de l'étude avait pour objectif d'évaluer l'impact sur les performances de mobilité à domicile ainsi que sur la satisfaction et la qualité de vie.

2.1.2 Matériels

2.1.2.1 Population

Ont été recrutés des utilisateurs volontaires de FRM parmi la patientèle de l'Institut Régional de Réadaptation (IRR) Louis Pierquin à Nancy (54000) et du Centre d'Etudes et de Recherche sur l'Appareillage des Handicapés (CERAH) à Woippy (57140).

Les **critères d'inclusion** comprenaient : un âge supérieur ou égal à 18 ans, l'utilisation d'un FRM régulièrement depuis plus de 6 mois au domicile dans le cadre d'une déficience à expression locomotrice, les capacités cognitives et visuelles permettant d'assurer la maîtrise d'un FRM avec AEP.

Les **critères d'exclusion** comprenaient : un poids supérieur à 120 kg, l'incompatibilité du FRM personnel avec l'installation du dispositif et l'utilisation d'un FRE au domicile.

Les **critères d'inclusion au deuxième temps de l'étude** comprenaient la présence de troubles musculosquelettiques du(des) membre(s) supérieur(s) (MS) définis comme suit :

- score de douleur du/des membres supérieurs sur échelle numérique > 2
- et/ou qui bénéficiaient d'un traitement médical antalgique pour des douleurs du(des) membre(s) supérieur(s)

- et/ou qui répondaient positivement à la question: « ressentez-vous une limitation de vos activités en FRM à cause de problèmes liés à vos membres supérieurs ? »
- et/ou un score au questionnaire « Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand » (DASH) > 5% (*Annexe 02*)

2.1.2.2 Evaluations et mesures

Les évaluations se sont déroulées en deux phases distinctes. Les dispositifs médicaux ont été prêtés par l'entreprise Acekare (Siret n°80118582800010).

La **première phase** consistait en une évaluation des performances de mobilité dans un environnement contrôlé. Elle se composait d'un parcours extérieur et d'un parcours intérieur.

Le **critère de jugement principal** consistait en l'auto-évaluation de l'effort perçu sur l'échelle de Borg (*Annexe 03*) lors de l'épreuve extérieure.

Les **critères de jugement secondaires** en première phase étaient :

- Le *nombre de mouvements de bras* nécessaires pour réaliser le parcours extérieur
- La *variation de la fréquence cardiaque* lors de l'épreuve extérieure
- La *fatigue aux MS* auto-évaluée sur une échelle numérique (EN) de 1 à 5 après le parcours extérieur
- *L'habileté à l'utilisation du FR* mesurée sur le parcours intérieur grâce au Wheelchair Skills Test (WST) version 4.2 (*Annexe 04*) et exprimée en pourcentage de réussite
- La *satisfaction* à l'égard du dispositif évaluée grâce à l'auto-questionnaire ESAT (*Annexe 05*) à la fin de la première phase

La **deuxième phase** consistait pour les patients présentant des troubles musculosquelettiques des MS en une période libre à domicile avec et sans l'AEP. Cette deuxième évaluation avait pour but de quantifier la **mobilité à domicile** et d'évaluer l'éventuel impact sur la **satisfaction** et la **qualité de vie**.

Les **critères de jugement secondaires** en deuxième phase étaient :

- La *distance moyenne avec et sans l'AEP* exprimée en kilomètres recueillie grâce à un dispositif d'enregistrement préalablement fixé sur le fauteuil
- La *satisfaction* évaluée grâce à l'auto-questionnaire ESAT (*Annexe 05*) à la fin de chaque période
- La *qualité de vie* évaluée grâce à l'auto-questionnaire SF-36 (*Annexe 06*) à la fin de chaque période

2.1.2.2.1 Critère de jugement principal : effort perçu

Le critère de jugement principal consistait en l'évaluation de l'effort perçu lors de la déambulation sur le parcours extérieur. Pour cela, une automesure de l'effort perçu a été réalisée grâce à l'échelle de Borg (RPE). (*Annexe 03*)

Les valeurs ont été recueillies juste après l'épreuve en extérieur.

Evaluation globale basée sur les sensations physiques et psychiques, l'échelle de Borg prend en compte la condition physique, les conditions environnementales et le niveau de fatigue générale de l'individu en constituant une relative personnalisation.

L'intérêt de ce choix réside notamment dans la grande concordance entre le score obtenu et la fréquence cardiaque du sujet, permettant une corrélation entre effort perçu et travail cardiovasculaire, utilisée en cardiologie et pneumologie pour ses valeurs diagnostiques, pronostiques et thérapeutiques [77].

Cette mesure est aussi utilisée en environnement sportif pour évaluer l'intensité de l'effort et déduire la charge d'entraînement. Bien que subjective, la mesure est en concordance avec d'autres paramètres physiologiques notables et variant durant l'effort comme le taux de lactate plasmatique ou le seuil ventilatoire et constitue un bon marqueur de la demande métabolique [78].

En cela, il est reconnu comme un marqueur majeur et progressif de l'effort fourni par le système cardiorespiratoire [79]. Cette caractéristique reste remarquablement valable même pour des exercices n'impliquant pas l'ensemble de la musculature corporelle, comme pour ceux utilisant uniquement les membres supérieurs comme le fauteuil roulant [80]. Le score de Borg a été utilisé à plusieurs reprises dans la littérature pour évaluer l'effort perçu pour propulser un fauteuil roulant et est reconnu comme ayant un bon potentiel à cet effet [81,82].

Coté de 6 à 20, le score de Borg est rapidement appréhendé par les patients et les médecins et peut être considéré comme un critère clair. Sa mesure est aisée, se réalise aux côtés du patient en quelques secondes et possède une reproductibilité satisfaisante à travers diverses populations dans le monde, en différentes langues, pour différents âges et atteintes d'appareil variées et avec une utilisation validée à travers de nombreuses publications [83–93].

2.1.2.2.2 Critères de jugement secondaires

2.1.2.2.2.1 *Variation de la fréquence cardiaque*

Un investigateur a évalué la fréquence cardiaque (FC) du patient avant et après la réalisation de l'épreuve en extérieur. La mesure de FC avant l'épreuve a été réalisée après une période de 3 minute assise au FRM pour mieux représenter une valeur de repos.

2.1.2.2.2.2 *Fatigue ressentie aux MS*

La fatigue ressentie aux membres supérieurs a été évaluée à l'aide d'une Echelle Numérique (EN) cotée de 1 à 5 [94]. La mesure a été réalisée en auto-évaluation dès la fin de l'épreuve en extérieur.

2.1.2.2.2.3 *Nombre de poussées sur les mains courantes*

Le nombre de poussées effectuées sur les mains courantes lors du parcours extérieur a été relevé par deux observateurs qui ont accompagné le patient pendant l'épreuve.

2.1.2.2.2.4 *Habilité à l'utilisation du fauteuil*

L'habileté à utiliser le fauteuil a été évaluée grâce au parcours intérieur basé sur le Wheelchair Skills Test (WST). (*Annexe 04*)

Le WST évalue la facilité avec laquelle le patient réalise des tâches précises considérées comme des habiletés. Chaque épreuve donnait lieu à une cotation, « 0 » pour un échec, « 1 » pour un succès avec difficultés tels que décrits dans le guide d'utilisation du WST et « 2 » pour un succès sans difficulté.

L'hétéroévaluation était réalisée par un évaluateur en accord avec l'avis du patient.

Le score total a été calculé conformément aux préconisations du guide officiel du WST et exprimé en pourcentage de réussite.

2.1.2.2.2.5 *Satisfaction envers le dispositif*

A la fin des tests en laboratoire, les patients ont été invités à remplir un questionnaire évaluant leur satisfaction envers le dispositif d'AEP.

Le questionnaire ESAT (Evaluation de la Satisfaction envers une Aide Technique) version 2.0 a été retenu. (*Annexe 05*)

Il s'agit d'un outil validé conçu pour évaluer la satisfaction des utilisateurs à l'égard des aides techniques à l'aide d'une échelle de Likert sur 5 points [95–97].

Cet outil comprend douze critères divisés en deux catégories : une première évaluant la satisfaction à l'égard des caractéristiques du dispositif médical nommée « ESAT technologique » et une seconde s'intéressant aux services rendus par le dispositif médical (DM) nommée « ESAT fonction ». Chacun des critères est coté sur une échelle ordinale à cinq niveaux, allant de "pas satisfait du tout" à "très satisfait". La durée de passation du questionnaire varie de dix à quinze minutes [98].

Le questionnaire QUEST a été largement utilisé dans la recherche pour comparer les dispositifs d'assistance [99–101].

2.1.2.2.3 *Parcours extérieur*

Les systèmes d'AEP permettent d'améliorer plus particulièrement la mobilité en déplacement urbain [75]. Le déplacement moyen en extérieur consiste à parcourir un peu moins de 500m. Dans cette optique, un parcours représentatif d'un déplacement extérieur a été conçu en prenant pour base une distance de plusieurs centaines de mètres [102,103].

Il consistait en un parcours extérieur de 323m de long faisant le tour du bâtiment du CERAH et était divisé en plusieurs sections successives parcourues dans le sens antihoraire : (*Figure 14*)

- Section de 45 mètres horizontale
- Section de 95 mètres descendante avec une pente de 1,4% et un dévers compris entre 1% et 3,5% maximum

- Section de 50 mètres horizontale
- Section de 90 mètres montante avec une pente de 1,2% à 1,7% et une section de 50 mètres montante avec une pente de 2,8% à 4,1%.

Trois obstacles étaient présents sous forme de caniveaux avec grille. Le terrain était constitué d'un sol en goudron dont l'état était dégradé par endroit. Le choix du départ s'est effectué arbitrairement en débutant par l'entrée du bâtiment.

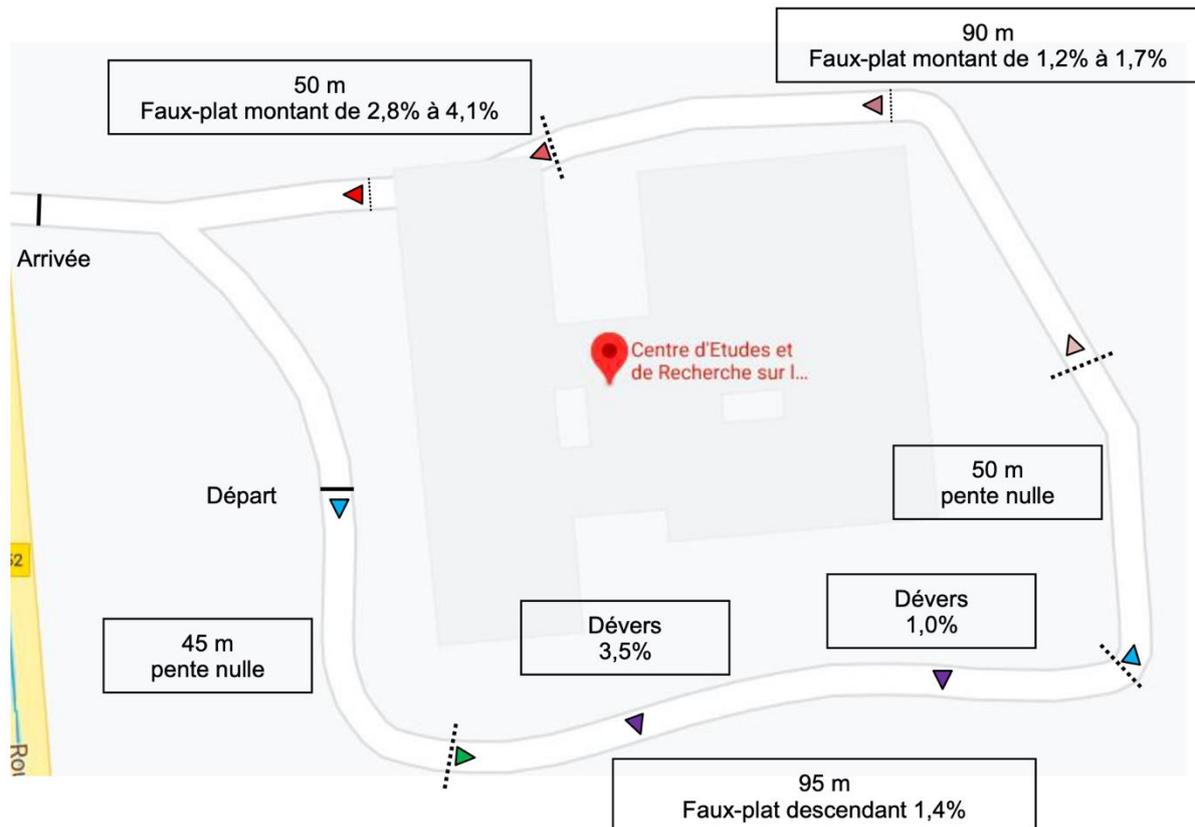


Figure 14 : Plan du parcours extérieur avec mesures de distance et déclivité.

2.1.2.2.4 Parcours intérieur

Le deuxième parcours prenait place à l'intérieur du CERAH et était constitué de **22 épreuves** réalisées consécutivement.

Ces épreuves étaient directement basées sur 22 items du Wheelchair Skills Test (WST) version 4.2 (*Annexe 04*) qui ont été sélectionnés pour leur pertinence en vue d'évaluer la maniabilité du FR.

Le WST comprend normalement 34 sous-épreuves évaluant un large panel de compétences en fauteuil allant simplement de l'utilisation des freins à des activités plus difficiles comme l'exécution d'une « roue avant » ou le franchissement d'obstacles.

Après délibération entre investigateurs, douze compétences ont été retirées.

Certaines ont été omises car il était peu probable qu'elles soient affectées par l'assistance électrique : par exemple atteindre un objet élevé, ramasser un objet au sol, se transférer, diminuer la pression sur le siège, se hisser dans le fauteuil.

D'autres ont été retirées car dangereuses à effectuer avec le dispositif ou déconseillées par le fabricant : par exemple monter ou descendre un trottoir, descendre une pente ou un trottoir en équilibre sur les roues arrière, monter ou descendre des escaliers.

Ces modifications sont prévues par les concepteurs du WST qui précisent dans le guide d'utilisation qu'un score total peut-être calculé malgré la non-réalisation de la totalité des épreuves. Une telle procédure a déjà été réalisée dans la littérature, par exemple en 2005 par Algood pour étudier l'impact d'un FRH avec une course d'obstacle inspirée du WST [63].

2.1.2.3 Deuxième phase : à domicile

Durant la deuxième phase de l'étude les participants sont retournés à domicile pendant deux périodes respectives de quinze jours et trente jours.

2.1.2.3.1 Evaluation de la mobilité

Un dispositif d'enregistrement de leur mobilité consistant en un compteur de tours de roues a été fixé sur leur fauteuil roulant. L'autonomie de l'appareil était de plus de trente jours. Il permettait le calcul de la *distance totale parcourue* avec le fauteuil.

Un deuxième compteur intégré au Yomper sous forme logicielle retenait la distance totale parcourue avec l'AEP activée ainsi que le nombre d'utilisations de l'AEP.

L'ensemble de ces données permettait alors de calculer la **distance totale parcourue avec et sans l'AEP**.

2.1.2.3.2 Evaluation de la satisfaction

A la fin de chaque période, les patients ont de nouveau rempli un questionnaire ESAT mesurant la satisfaction envers leur fauteuil.

2.1.2.3.3 Evaluation de la qualité de vie

Un questionnaire évaluant la qualité de vie globale a été administré à la fin de chaque période de quinze et trente jours. Deux questionnaires ont été retenus.

Le SF-36 (36-Item Short Form Health Survey) a été sélectionné. (*Annexe 06*)

Il s'agit d'une des mesures génériques de la qualité de vie liée à la santé les plus couramment utilisées [104].

Développé par Brazier [105], il est facile à utiliser, acceptable pour les patients et répond aux critères de fiabilité et de validité. Son utilisation a été notamment validée chez les blessés médullaires [106,107].

Des versions spécifiques au fauteuil roulant ont été développées, remplaçant les termes « walk » par « go » [108] mais ces modifications n'ont pas été validées en français. Néanmoins, il est admis dans la littérature que les utilisateurs de FRM interprètent inconsciemment les termes concernant la marche comme se rapportant à un déplacement en fauteuil plutôt qu'à une activité spécifique de marche [109].

2.1.3 Méthodes

Un plan d'étude croisé a été retenu.

Le dispositif Yomper pouvant être retiré sans rémanence d'effet, l'effet « report » était donc minimisé.

Du fait de la dépendance des tests à l'environnement notamment en extérieur, il a été décidé d'effectuer les deux périodes de test le même jour pour limiter l'impact d'éventuels aléas météorologiques entre deux périodes pour les mêmes participants.

Ce choix permettait aussi une plus grande facilité d'organisation et de réalisation des tests, un recrutement plus aisé d'un nombre moindre de participants et d'augmenter la puissance de l'essai en s'affranchissant d'une partie de la variance interindividuelle.

Les participants ont lu et signé un formulaire de consentement éclairé. Ils ont ensuite bénéficié d'une consultation médicale avec un investigateur, pour anonymisation et recueil de données.

2.1.4 Première phase : en laboratoire

La *figure 15* donne un aperçu schématique du processus d'évaluation durant cette première phase.

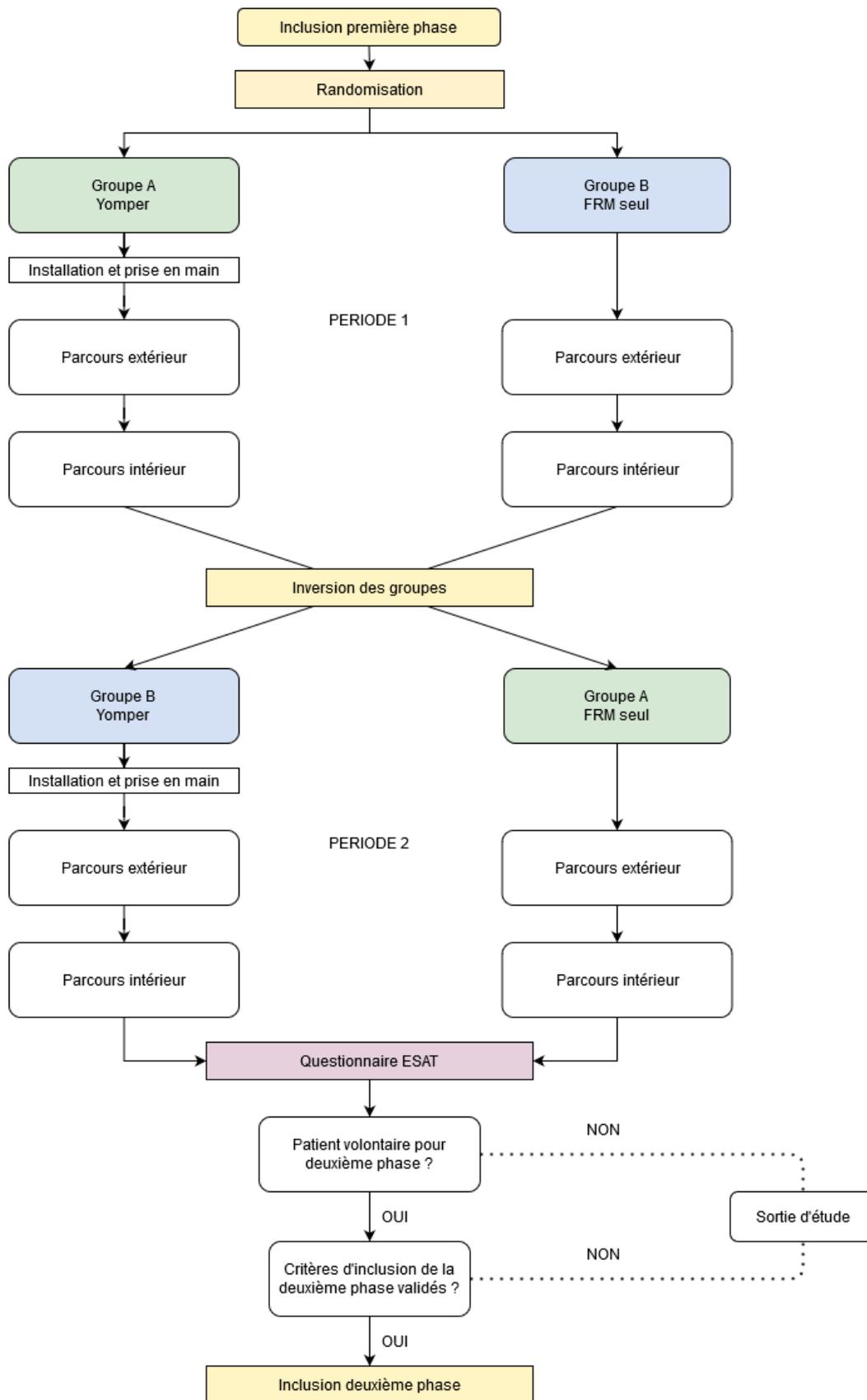


Figure 15 : Diagramme résumant le processus d'évaluation de la première phase

Après la période d'inclusion, les participants ont été invités à se rendre au CERAH pendant une demi-journée durant laquelle se déroulait la première phase de l'étude. A leur arrivée, ils ont été répartis selon randomisation en deux groupes distincts pour démarrer l'expérience.

Ils débutaient avec le dispositif Yomper installé sur leur FRM (Groupe A) ou avec leur FRM seul (Groupe B).

2.1.4.1 Installation et prise en main du dispositif

Un technicien était chargé d'installer le Yomper sur le FRM si nécessaire.

Les patients bénéficiant de l'installation du dispositif se sont vu proposer une explication succincte du fonctionnement et des commandes. Ils ont aussi bénéficié d'au moins quinze minutes d'essais libres en intérieur pour parfaire la prise en main du dispositif.

2.1.4.2 Parcours extérieur

Les patients ont été conduits devant le bâtiment pour réalisation du parcours. Ils ont bénéficié d'un tour d'essai pour éviter l'effet de surprise éventuel. Après un repos d'au moins trois minutes, ils ont réalisé le parcours extérieur avec relevé des mesures.

L'AEP était réglée en mode extérieur et sur une vitesse de 6km/h sur cette épreuve, sauf si l'utilisateur choisissait un autre réglage, auquel cas l'information était consignée. Les investigateurs présents se déplaçaient en marchant à côté de l'utilisateur pour effectuer les relevés.

2.1.4.3 Parcours intérieur

Une fois un tour d'essai effectué, ils ont pratiqué le parcours intérieur avec cette fois réalisation et consignation des mesures selon les critères du WST (*Annexe 04*).

2.1.4.4 Changement de groupe

Une fois les deux parcours réalisés une première fois, les patients ont changé de groupe et ont bénéficié soit du retrait du dispositif Yomper, soit de l'installation de celui-ci. Les deux parcours ont été alors réalisés de nouveau selon les mêmes modalités.

2.1.4.5 Questionnaire ESAT

Un investigateur était présent lors de la passation du questionnaire uniquement pour répondre à d'éventuelles questions. La question « Achèteriez-vous le dispositif YOMPER ? » leur a été posée par écrit à la fin du questionnaire, à laquelle ils pouvaient répondre « OUI » ou « NON ».

2.1.5 Deuxième phase : à domicile

Si les participants remplissaient les critères d'inclusion de la deuxième phase, ils étaient réassignés à leur groupe de randomisation initial, commençant par le dispositif Yomper (Groupe A) ou bien leur FRM seul (Groupe B). Ils ont bénéficié de l'installation d'un boîtier d'enregistrement des déplacements en FRM et de l'installation du dispositif Yomper si leur groupe le nécessitait.

La *Figure 16* présente un résumé du processus d'évaluation en seconde phase.

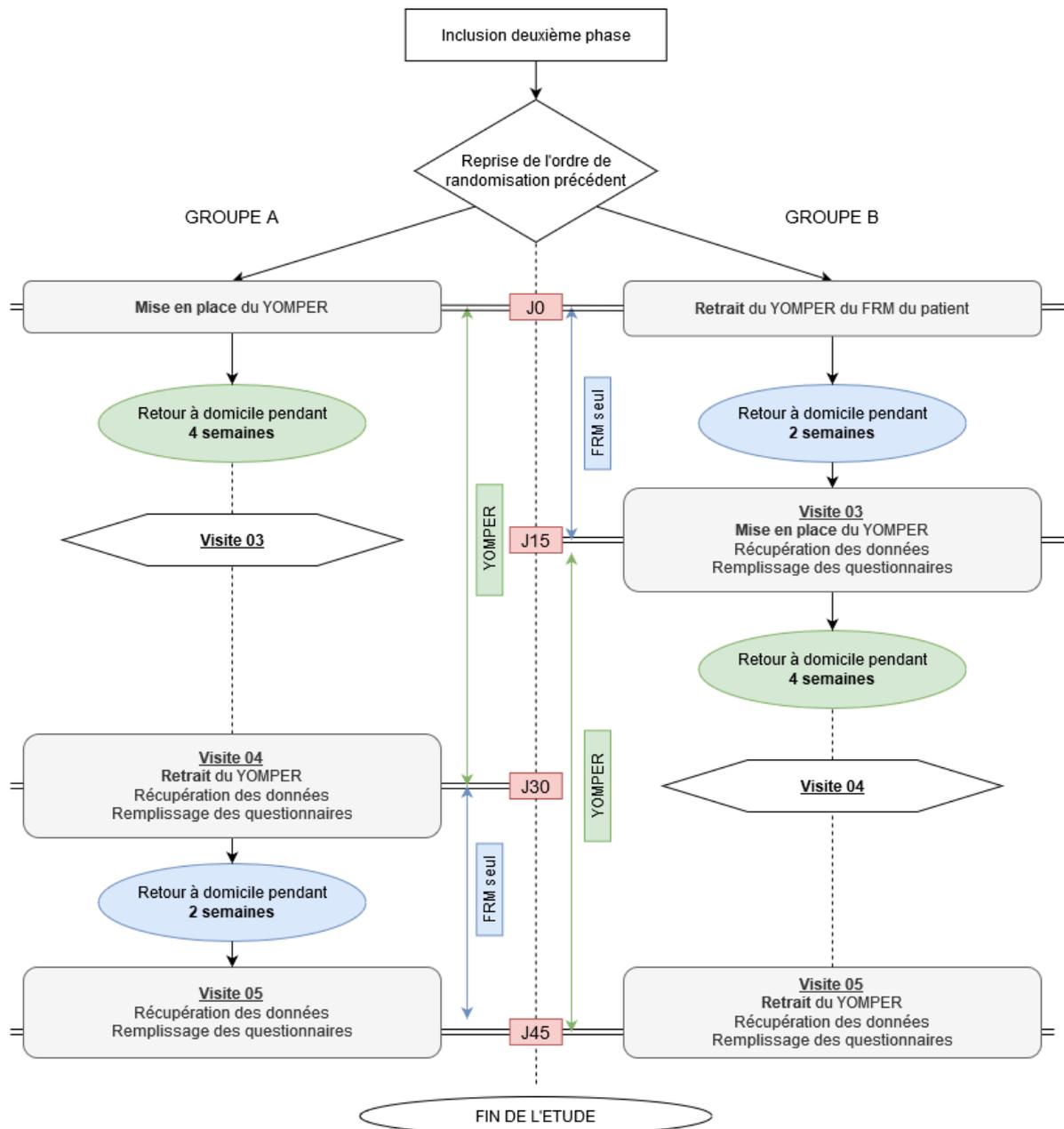


Figure 16 : Diagramme de flux représentant le déroulement de la deuxième phase

Les patients débutaient soit avec le dispositif d'AEP, soit avec leur FRM.

S'ils débutaient avec l'AEP, ils retournaient à domicile pour 30 jours. Ils bénéficiaient entre temps à J15 d'une visite intermédiaire pour s'assurer que les dispositifs étaient fonctionnels.

S'ils débutaient avec le FRM seul, ils retournaient à domicile pour 15 jours.

Une fois cette durée écoulée, ils retournaient au CERAH pour remplissage des questionnaires et changement de groupe.

Ils retournaient ensuite au domicile avec le FRM pour 15 jours ou avec le dispositif d'AEP pour 30 jours, avec une visite intermédiaire pour ces derniers.

A l'issue de cette période, ils retournaient au CERAH pour remplissage des questionnaires, récolte des données du dispositif d'enregistrement et retrait des dispositifs.

2.2 Analyse des données

Le calcul du nombre de sujet nécessaires a été réalisé en prenant pour objectif une différence attendue de 3 points et un écart-type estimé de 3,3 sur le critère de jugement principal ; ainsi un total de 19 sujets était nécessaire pour un risque alpha de 2,5% et une puissance de 80%.

Les patients ont été assignés par tirage au sort pour débiter les évaluations soit par le FRM avec puis sans l'AEP, soit pour débiter les évaluations par le FRM sans puis avec l'AEP.

Les résultats sont présentés en « nombre (pourcentage) » pour les variables qualitatives et en « médiane (Q1, Q3) » pour les variables quantitatives.

L'effet séquence a été recherché par utilisation du test de Wilcoxon. Si un effet séquence était retrouvé, l'analyse des données n'était pas réalisée. Dans le cas contraire, l'effet période était recherché par utilisation du test de Wilcoxon apparié. Si un effet période était retrouvé, l'analyse des résultats se basait uniquement sur les données issues de la première période. Si aucun effet séquence ni aucun effet période n'étaient retrouvés, l'effets des 2 interventions était comparé en utilisant un test de Wilcoxon apparié. Une valeur de $p < 0.025$ était considéré comme significative.

Dans la deuxième phase, seuls les 15 derniers jours de la période avec l'AEP étaient retenus pour analyse pour soustraire une éventuelle phase d'apprentissage et pour assurer une durée d'évaluation comparable entre FRM et AEP.

Une correction de Bonferroni a été utilisée pour prendre en compte la multiplicité des tests statistiques.

Les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel R (R version 4.0.1 (2020-06-06))

2.3 Résultats

2.3.1 Population

Tableau 1 : Caractéristiques démographiques de la population : âge, temps depuis possession du fauteuil, taille, poids, fréquence cardiaque maximale théorique, et antécédents : douleurs aux membres supérieurs, gêne fonctionnelle, antécédents cardiorespiratoires

| Caractéristiques | Groupe Yomper puis FRM, N = 10¹ | Groupe FRM puis Yomper, N = 10¹ |
|--|---|---|
| Sexe féminin | 2 (20.0%) | 5 (50.0%) |
| Âge | 49 (38, 56) | 45 (38, 55) |
| Temps de possession du fauteuil | 18 (10, 20) | 12 (6, 20) |
| Taille | 172 (165, 179) | 168 (158, 176) |
| Poids | 70 (65, 79) | 70 (56, 79) |
| FC Max | 171 (164, 182) | 175 (165, 182) |
| Douleur aux MS | 2 (2, 6) | 6 (3, 8) |
| Gêne fonctionnelle aux MS | | |
| Pas de gêne | 4 (40.0%) | 3 (30.0%) |
| Proximale | 3 (30.0%) | 3 (30.0%) |
| Distale | 1 (10.0%) | 0 (0.0%) |
| Proximo-distale | 2 (20.0%) | 4 (40.0%) |
| Antécédents cardiorespiratoires | 3 (30.0%) | 3 (30.0%) |

¹Présentation des valeurs : n (%); médiane (Q1, Q3)

Un total de 20 individus a participé à cette étude (13 hommes, 7 femmes).

Huit participants avaient un âge compris entre dix-huit et quarante-quatre ans compris, dix entre quarante-cinq et soixante-quatre ans, deux participants avaient un âge supérieur ou égal à soixante-cinq ans.

En termes d'expérience en fauteuil roulant, six participants utilisaient leur fauteuil depuis moins de dix ans, onze entre dix et vingt-cinq ans compris et trois depuis plus de vingt-cinq ans. (*Tableau 1*)

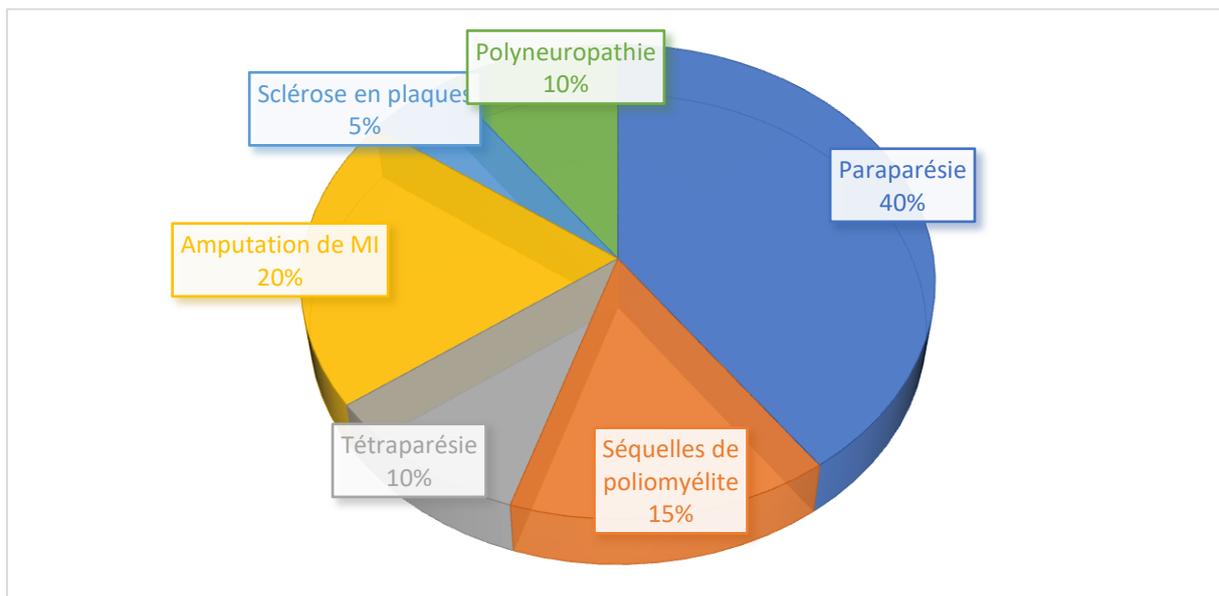


Figure 17 : Étiologies d'utilisation du fauteuil roulant manuel au sein de la population

Les principaux diagnostics étaient : paraparésie (n=8), séquelles de poliomyélite (n=3), tétraparésie (n=2), amputation de(s) membre(s) inférieur(s) (n=4), sclérose en plaques (n=1) et polyneuropathie (n=2). (*Figure 17*)

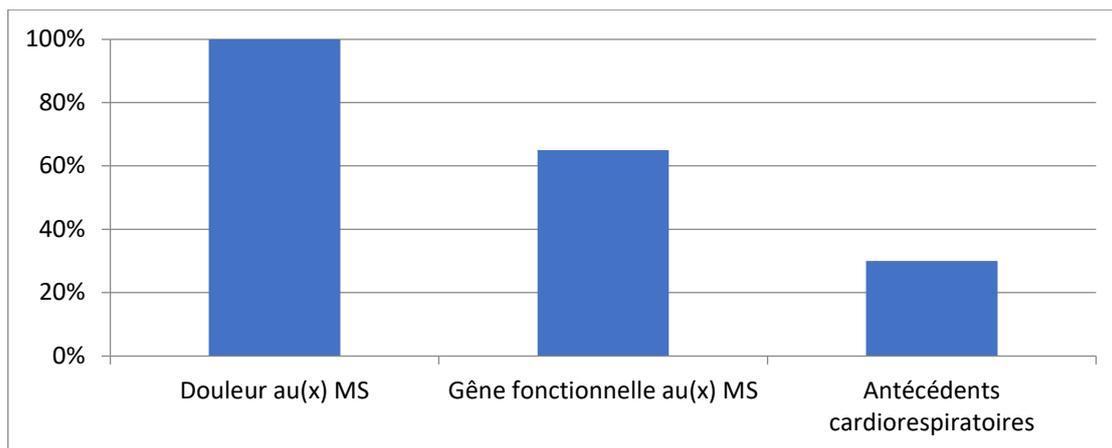


Figure 18 : Fréquence des antécédents à l'interrogatoire (MS : Membre supérieur)

Parmi les antécédents notables, tous les patients ressentait des douleurs de MS au repos. (Figure 18)

La valeur médiane de cette douleur sur une Echelle Numérique était de 4 ($\pm 3,13$) avec un minimum de 1.

Six participants (30%) présentaient au moins un antécédent cardiorespiratoire (comprenant les pathologies ou évènements cardiovasculaires survenus dans l'histoire du patient comme une cardiopathie ischémique ainsi que les pathologies à tropisme pulmonaire comme l'asthme ou l'insuffisance respiratoire). (Figure 18)

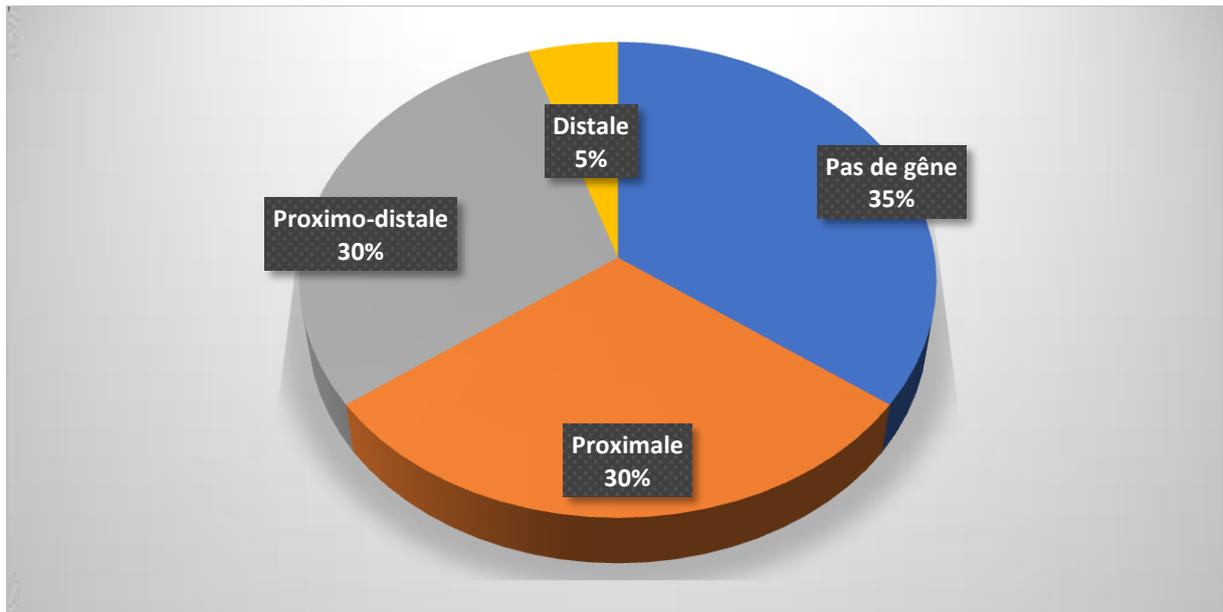


Figure 19 : Fréquence de gêne fonctionnelle au(x) membre(s) supérieur(s) et localisation

Treize patients (65%) ressentait une gêne fonctionnelle au(x) MS. Parmi eux, six (30%) localisaient cette gêne au niveau proximal, six (30%) à la fois en proximal et distal et un seul (5%) en distalité. (Figure 19)

2.3.2 Première phase : performances en laboratoire

Un participant s'est arrêté au cours du parcours extérieur en FRM du fait d'une trop grande fatigue. Tous les participants ont terminé le parcours extérieur lorsqu'ils ont utilisé l'assistance mais un patient a souhaité limiter la vitesse de propulsion à 5km/h au lieu de 6km/h du fait d'une forte vibration des roues avant de son FRM.

2.3.2.1 Critère de jugement principal

Tableau 2 : Comparaison de l'effort perçu sur l'échelle de Borg lors de la propulsion sur le parcours extérieur avec et sans AEP

| Séquence | Période 1 ¹ | Période 2 ¹ | Différence inter période ¹ |
|--------------------------------|------------------------|------------------------|---------------------------------------|
| Groupe Yomper puis FRM | | | |
| Médiane (Q1-Q3) | 6.0 (6.0, 6.4) | 15.0 (14.2, 15.4) | 8.50 (6.88, 9.00) |
| Taille d'échantillon | 10 | 10 | 10 |
| Groupe FRM puis Yomper | | | |
| Médiane (Q1-Q3) | 15.0 (14.0, 16.8) | 6.0 (6.0, 6.0) | 8.50 (7.25, 10.75) |
| Taille d'échantillon | 10 | 10 | 10 |
| Effet de l'intervention | | | |
| Médiane (Q1-Q3) | - | - | 8.50 (7.00, 10.00) |
| Taille d'échantillon | - | - | 20 |
| Test de Wilcoxon apparié | - | - | <0,001 |

¹ Valeurs présentées : médiane (Q1, Q3) ; n (%)

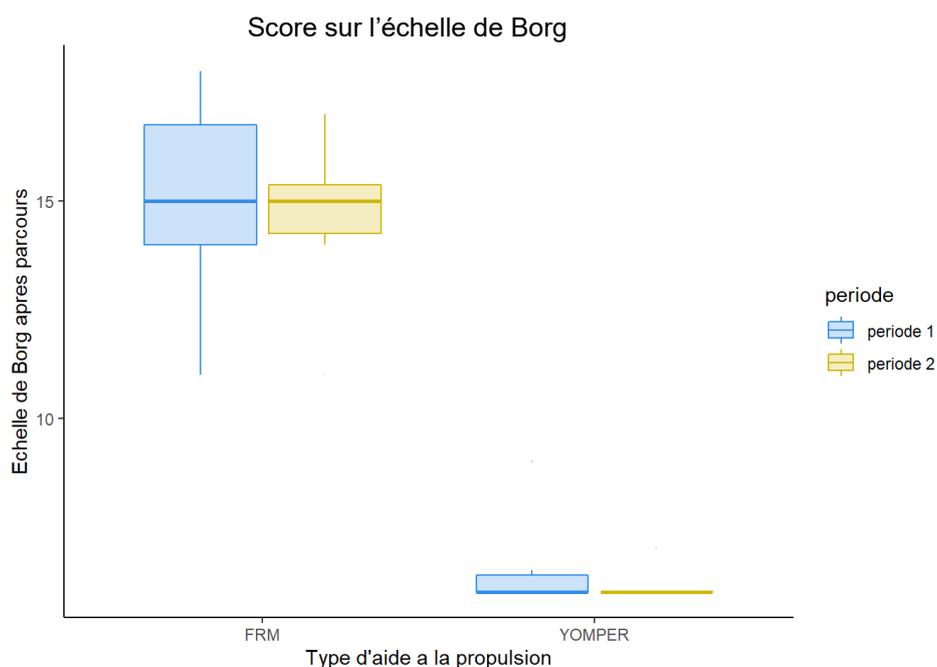


Figure 20 : Comparaison des valeurs mesurées sur l'échelle de Borg après parcours et selon le type d'aide à la propulsion

Les résultats montrent que l'effort perçu sur l'échelle de Borg était significativement et fortement diminué lors de la déambulation avec AEP ($p < 0,001$). (Tableau 2 et Figure 20)

Tous les utilisateurs ont ressenti une sensation d'effort perçu plus faible lors de l'utilisation de l'AEP que lors de la propulsion manuelle.

Le score de Borg présentait une valeur médiane de 6,0 dans les deux groupes de patients ayant utilisé l'assistance électrique, tandis que la valeur médiane était de 15 dans les deux groupes ayant utilisé le FRM.

La différence entre les deux périodes présentait une valeur médiane de 8,5 qui s'est révélée identique entre les deux groupes.

Trajectoires individuelles sur l'échelle de Borg

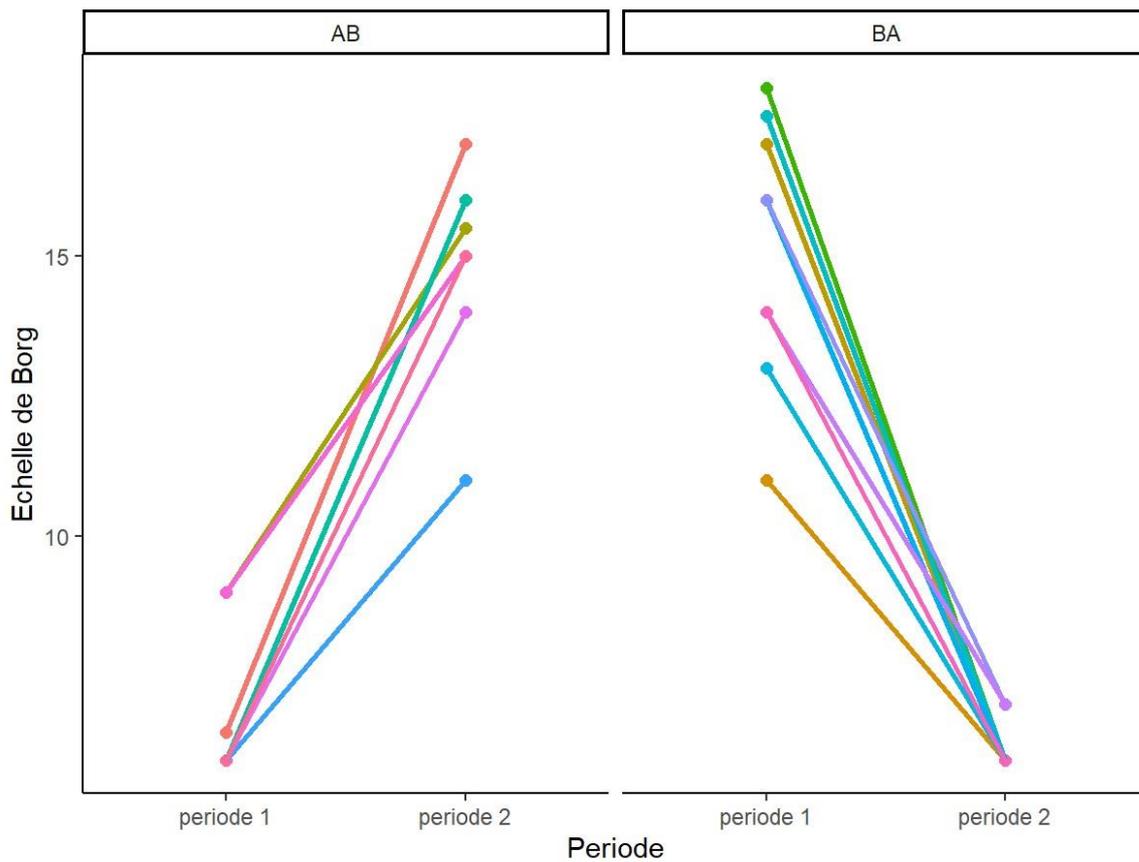


Figure 21 : Représentation graphique de la recherche d'un effet séquence et d'un effet période sur le critère de jugement principal

Une recherche d'un effet période et d'un effet séquence a été réalisée et aucun de ces effets n'a été retrouvé sur le critère principal. (Figure 21)

2.3.2.2 Critères de jugement secondaires

Tableau 3 : Comparaison des critères secondaires relatifs à la performance avec et sans AEP : fréquence cardiaque, nombre de poussées, fatigue ressentie et score total au WST

| Séquence | Période 1 ¹ | Période 2 ¹ | Différence inter période ¹ | |
|--------------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------------------|--------------------------|
| Groupe Yomper puis FRM | | | | |
| Variation de FC/FCmax (%) | 1 (0, 2) | 38 (30, 43) | 36 (28, 43) | |
| Nombre de poussées | 5 (2, 9) | 188 (174, 303) | 184 (168, 295) | |
| Fatigue ressentie | 1 (1, 1) | 4 (3, 4) | 3 (2, 3) | |
| Score total au WST | 100.00 (100.00, 100.00) | 97.73 (93.75, 100.00) | 1.1 (0.0, 4.0) | |
| Taille d'échantillon | 10 | 10 | 10 | |
| Groupe FRM puis Yomper | | | | |
| Variation de FC/FCmax (%) | 31 (22, 46) | 1 (0, 3) | 31 (20, 47) | |
| Nombre de poussées | 252 (226, 332) | 2 (1, 4) | 246 (224, 324) | |
| Fatigue ressentie | 4 (2, 5) | 1 (1, 1) | 2 (1, 4) | |
| Score total au WST | 94 (91, 100) | 98 (91, 100) | 0.00 (0.00, 5.11) | |
| Taille d'échantillon | 10 | 10 | 10 | |
| Effet de l'intervention | | | | Test de Wilcoxon apparié |
| Variation de FC/FCmax (%) | - | - | 32 (28, 46) | <0,001 |
| Nombre de poussées | - | - | 226 (181, 326) | <0,001 |
| Fatigue ressentie | - | - | 3 (2, 3) | <0,001 |
| Score total au WST | - | - | 0.00 (0.00, 5.12) | 0.12 |
| Taille d'échantillon | - | - | 20 | |

¹Valeurs présentées : médiane (Q1, Q3); n (%)

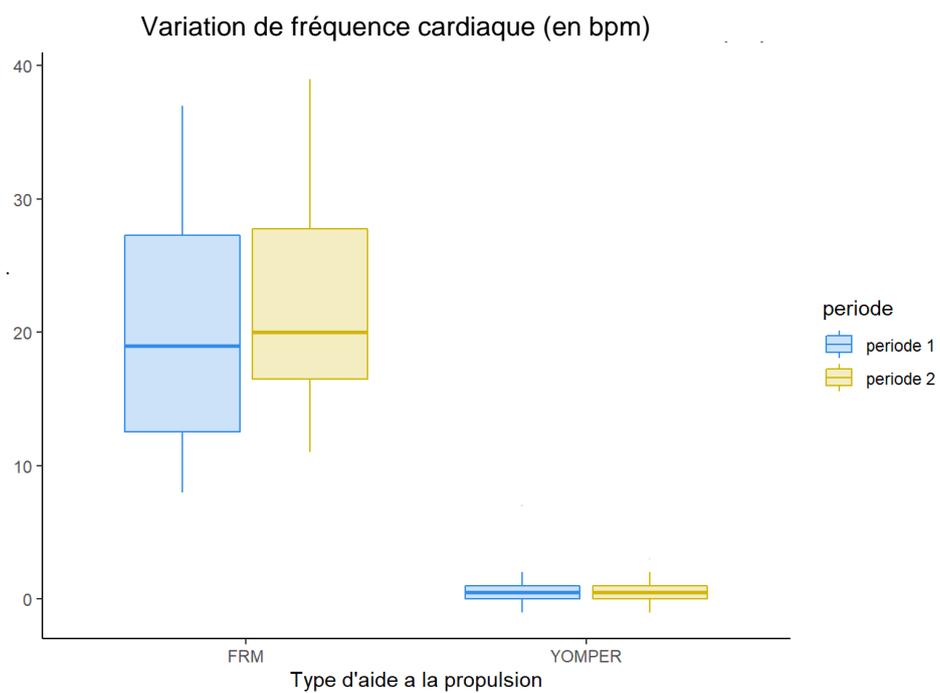


Figure 22 : Comparaison des valeurs de variation de fréquence cardiaque (en battements par minute) après parcours et selon le type d'aide à la propulsion

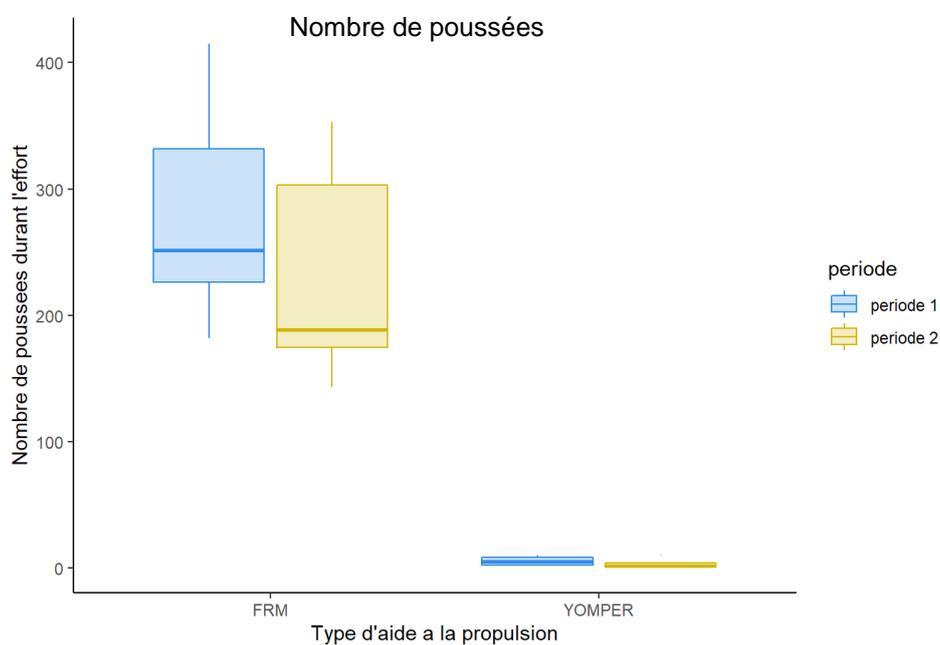


Figure 23 : Comparaison du nombre de poussées durant l'effort après parcours et selon le type d'aide à la propulsion

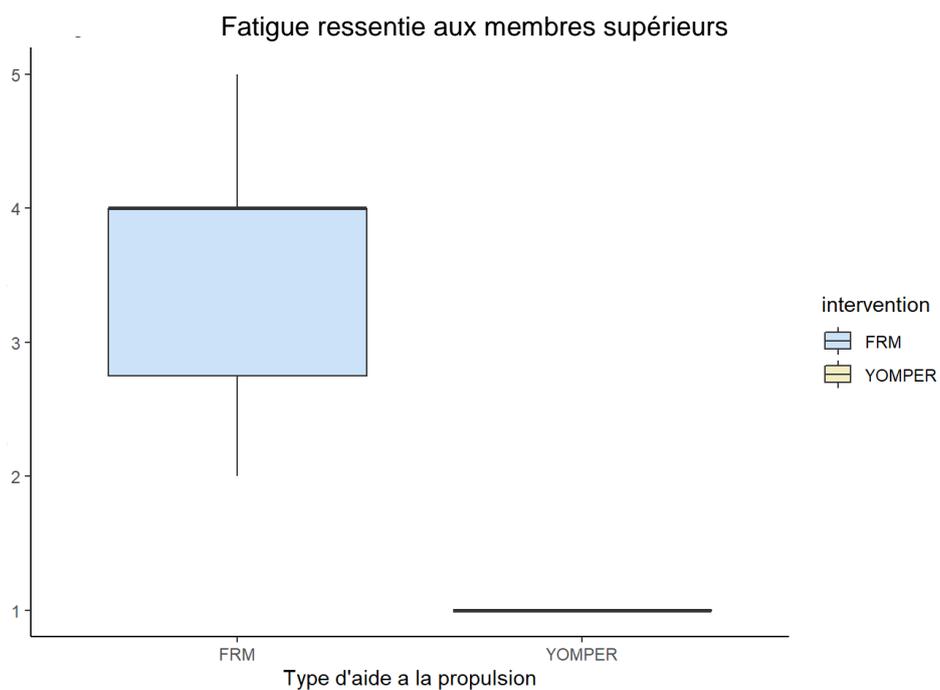


Figure 24 : Comparaison des valeurs de fatigue ressentie aux membres supérieurs sur une EN de 1 à 5 après parcours et selon le type d'aide à la propulsion

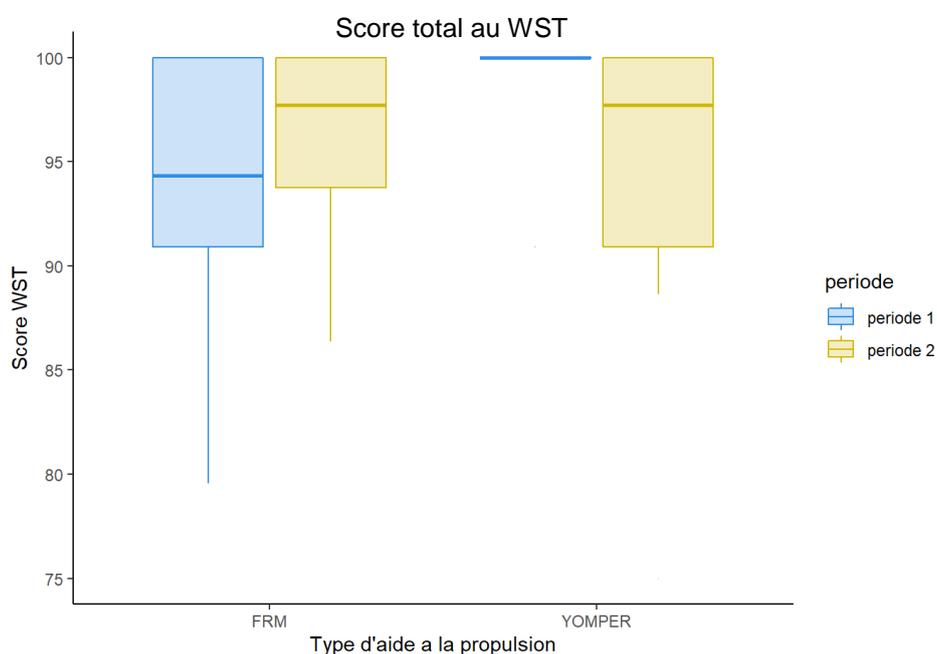


Figure 25 : Comparaison du score au WST après parcours intérieur et selon le type d'aide à la propulsion

La variation de la fréquence cardiaque (*Figure 22*), le nombre de mouvements de poussées (*Figure 23*) et la fatigue perçue aux membres supérieurs (*Figure 24*) étaient aussi significativement diminués lors de l'utilisation de l'assistance électrique par Yomper. ($p < 0,001$) (*Tableau 3*)

Sur le parcours intérieur, le score moyen au WST ne présentait pas de différence significative entre le FRM et le Yomper. ($p = 0,12$) (*Tableau 3 et Figure 25*)

Le temps mis à parcourir le parcours extérieur a présenté un effet séquence, ce qui a entraîné une absence de prise en compte de ces données.

Tableau 4 : Satisfaction évaluée sur le score ESAT et ses sous-scores

| ESAT | N = 20 ¹ |
|------------------------|---------------------|
| Score ESAT Fonction | 4.63 (4.47, 4.75) |
| Score ESAT Technologie | 4.38 (4.10, 4.53) |
| Score ESAT Global | 4.47 (4.17, 4.63) |

¹ Valeurs présentées : médiane (Q1, Q3)

Le score ESAT Global médian était de 4,47 avec un minimum de 4. (*Tableau 4*)

Les trois critères considérés comme les plus importants pour les participants étaient la facilité d'utilisation (n=10), le poids (n=8) et le montage/démontage (n=8).

Dix-neuf patients ont répondu « oui » à la question écrite « Achèteriez-vous ce dispositif ? » et un seul « non ».

2.3.3 Deuxième phase : mobilité, satisfaction, qualité de vie à domicile

En raison de la pandémie actuelle, les résultats ont été obtenus avant que tous les patients n'aient pu bénéficier des essais à domicile. Ainsi, uniquement cinq patients ont participé à la deuxième phase de l'étude.

Tableau 5 : Comparaison de l'effet de l'AEP sur la distance parcourue, les scores SF-36 et ESAT lors de l'essai à domicile

| Séquence | Période 1 ¹ | Période 2 ¹ | Différence inter période ¹ | |
|----------------------------------|------------------------|------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| Yomper puis FRM | | | | |
| Distance totale parcourue (km) | 55 (55, 55) | 18 (18, 18) | 36.9 (36.9, 36.9) | |
| Distance totale journalière (km) | 3.95 (3.95, 3.95) | 1.32 (1.32, 1.32) | 2.6 (2.6, 2.6) | |
| Score SF-36 physique | 48 (48, 48) | 38 (38, 38) | 10.0 (10.00, 10.0) | |
| Score SF-36 mental | 73 (73, 73) | 69 (69, 69) | 3.8 (3.8, 3.8) | |
| Score ESAT total | 4.25 (4.25, 4.25) | 4.69 (4.69, 4.69) | 0.4 (0.4, 0.4) | |
| Taille d'échantillon | 1 | 1 | 1 | |
| FRM puis Yomper | | | | |
| Distance totale parcourue (km) | 14 (11, 21) | 23 (18, 37) | 8.5 (6.3, 16.2) | |
| Distance totale journalière (km) | 1.01 (0.80, 1.48) | 1.61 (1.25, 2.63) | 0.6 (0.4, 1.2) | |
| Score SF-36 physique | 46 (32, 57) | 65 (56, 72) | 23.5 (18.1, 26.0) | |
| Score SF-36 mental | 85 (76, 85) | 87 (81, 88) | 2.9 (1.9, 6.0) | |
| Score ESAT total | 4.22 (4.11, 4.33) | 4.16 (4.03, 4.33) | 0.2 (0.1, 0.3) | |
| Taille d'échantillon | 4 | 4 | 4 | |
| Effet traitement | | | | Test de wilcoxon apparié |
| Distance totale parcourue (km) | - | - | 9.4 (7.6, 36.7) | >0.9 |
| Distance totale journalière (km) | - | - | 0.7 (0.5, 2.6) | >0.9 |
| Score SF-36 physique | - | - | 22.1 (10.0, 25.0) | >0.9 |
| Score SF-36 mental | - | - | 3.2 (2.5, 3.8) | >0.9 |
| Score ESAT total | - | - | 0.3 (0.1, 0.4) | 0.3 |
| Taille d'échantillon | | | 5 | |

¹Valeurs présentées : n (%), médiane (1^{er} quartile, 3^e quartile)

La distance parcourue ne présentait pas d'amélioration significative ($p>0,9$) au cours de la période avec l'assistance électrique. (Tableau 5)

Il en était de même pour la satisfaction mesurée sur le score ESAT et la qualité de vie mesurée grâce à l'échelle SF-36 ($p>0,9$). (Tableau 5)

2.3.3.1 Mobilité

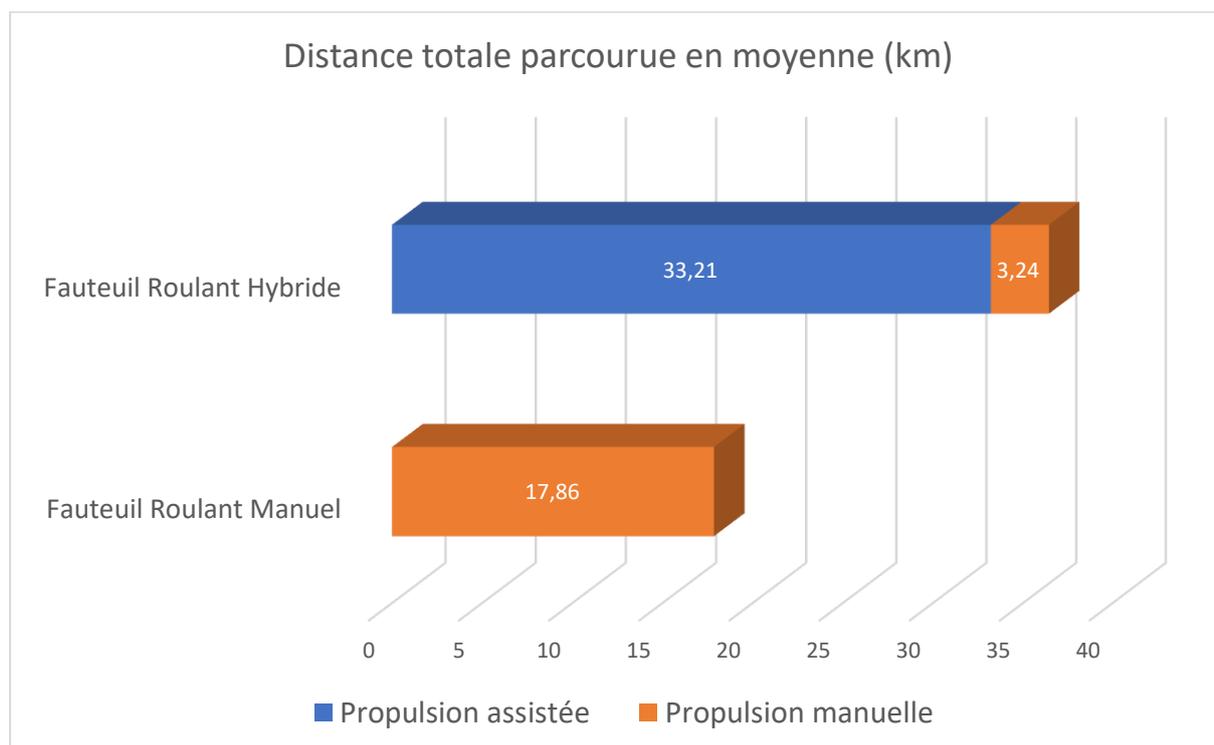


Figure 26 : Distance totale parcourue selon le fauteuil et le mode de propulsion au cours de l'essai à domicile

La distance moyenne parcourue en FRM est de 17,9 km contre 36,5 km en FRH avec une différence de +104%. (Figure 26)

En FRH, 91 % de l'utilisation s'est effectuée moteur allumé, laissant 3,24 km réalisés manuellement, soit une réduction de 14,63 km par rapport au FRM. (Figure 26)

Les participants ont utilisé l'AEP en moyenne sur 391 trajets (27,9 utilisations/jour), chaque trajet consistant en environ 82 m et épargnant en moyenne 37 m de propulsion manuelle.

2.3.3.2 Qualité de vie et satisfaction

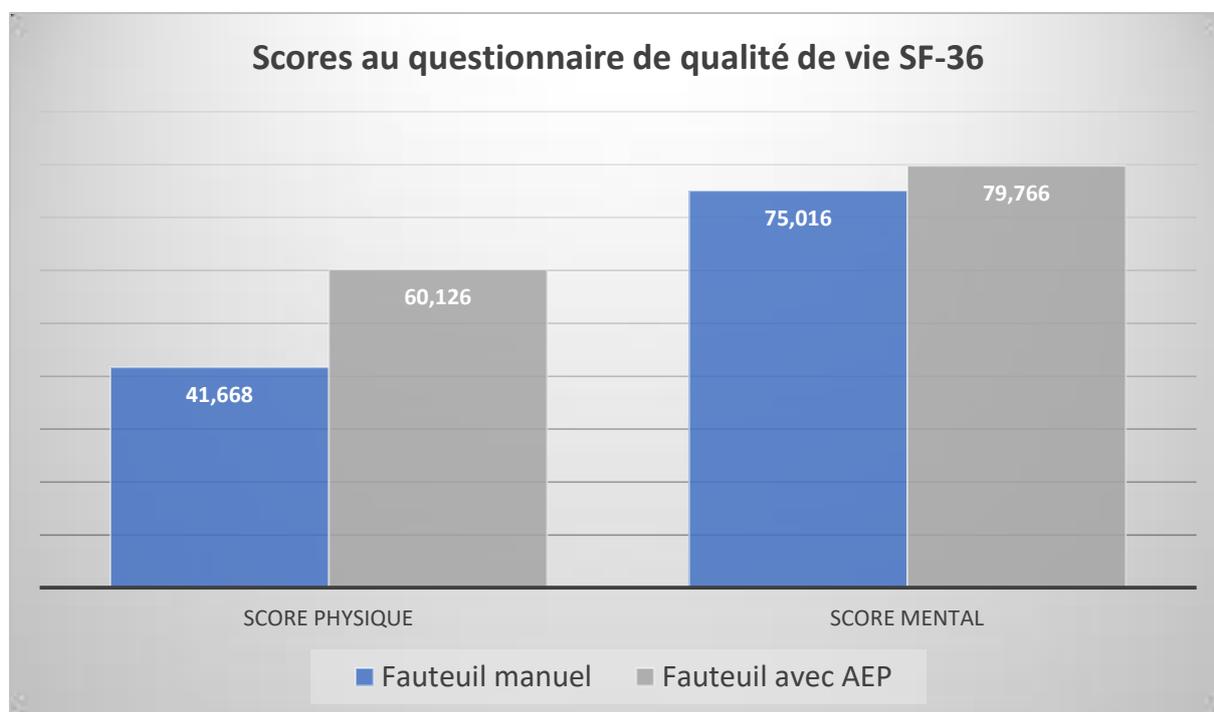


Figure 27 : Scores au questionnaire de qualité de vie SF-36 selon le type de fauteuil au cours de l'essai à domicile

Le score physique SF-36 moyen était de 41,668 en FRM et de 60,126 avec l'AEP, avec une variation moyenne de +44%. (Figure 27)

Le score mental SF-36 moyen était de 75,016 en FRM et de 79,766 avec l'AEP, avec une variation moyenne de +6%. (Figure 27)

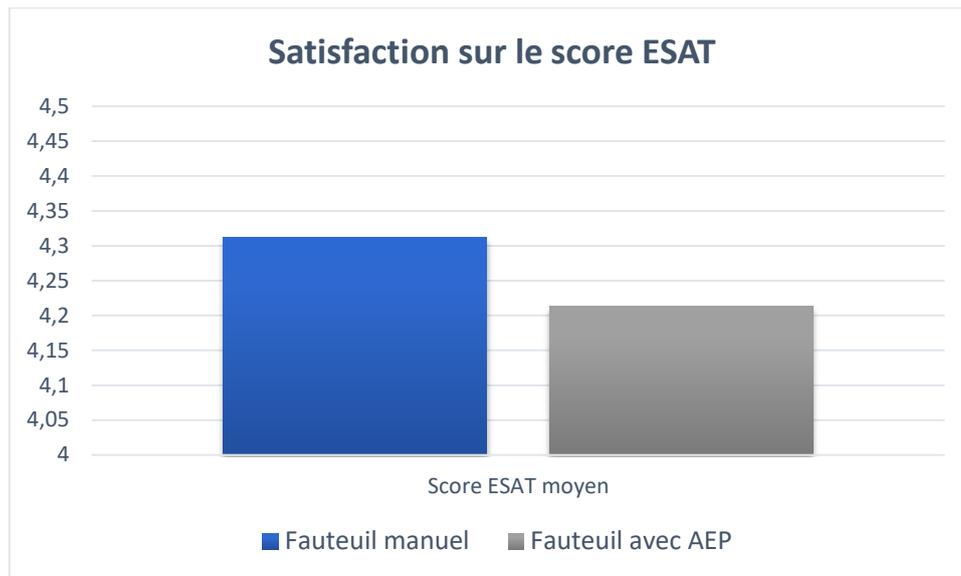


Figure 28 : Satisfaction moyenne sur le score ESAT selon le fauteuil utilisé au cours de l'essai à domicile

Le score ESAT moyen était de 4,312 en FRM et de 4,213 avec l'AEP, présentant une variation moyenne de -2%. (Figure 28)

2.4 Discussion

Cette étude est la première à évaluer une AEP de type « troisième roue centrale » en évaluant l'effort perçu ainsi que l'habileté d'utilisation sur un test standardisé comme le WST. Elle est aussi la première à mesurer l'impact à domicile sur les performances de mobilité, sur la satisfaction et la qualité de vie.

Nous avons choisi de ne pas exclure les participants présentant des troubles fonctionnels des membres supérieurs ou des douleurs, contrairement à une proportion importante des études antérieures [56–58,62,63,70,72,76,110–113]. Inclure ces patients nous semblait indispensable pour mieux refléter les restrictions d'utilisation ou les difficultés vécues au quotidien et *in fine* mieux approcher l'impact réel du dispositif sur la population concernée. De plus, les blessés médullaires représentaient 50% de la population, proportion plus proche de celle de la population générale par rapport à la majorité des études antérieures [55,114].

2.4.1 Performances en laboratoire

Au cours de la première phase, l'effort perçu selon l'échelle de Borg est significativement réduit en corrélation avec la fréquence cardiaque, deux critères qui sont des marqueurs fiables de la demande métabolique et cardiovasculaire [78,79]. Ces résultats sont semblables à ceux déjà obtenus dans la littérature pour les « roues motorisées » [50,115]. De surcroît, le nombre de poussées sur les mains courantes est significativement diminué. Ce résultat présente un intérêt notable puisqu'en propulsion manuelle, la littérature a montré que les contraintes articulaires surviennent presque exclusivement lors du mouvement de poussée [27–30,32–36].

Evaluer si l'ajout d'une AEP type troisième roue centrale modifiait la maniabilité du fauteuil faisait également partie de nos objectifs. En effet, dans la littérature antérieure, les AEP type « roues motorisées » alourdissaient le fauteuil, l'élargissaient et pouvaient le rendre moins maniable [69,70]. Il en a été conclu qu'il ne semblait pas y avoir pas de différence de maniabilité sur le WST. En ce sens, une évaluation comparative entre roues motorisées et troisièmes roues centrales serait pertinente à réaliser.

La pose et le retrait aisés du dispositif facilitent les transports et manipulations, rendant ces types d'AEP plus acceptables chez les usagers de FRM, en particulier chez les patients atteints de troubles cardiorespiratoires ou de troubles fonctionnels aux membres supérieurs.

Cela pourrait également retarder l'apparition voire ralentir l'aggravation des complications secondaires à l'utilisation du FRM [56,60,66]. Des études supplémentaires pour évaluer ces éventuels avantages de long terme seraient néanmoins indispensables pour tester ces hypothèses.

Le faible recrutement pourrait cependant entraîner un manque de variance dans les profils et un manque de puissance statistique.

En outre, le temps très court entre les périodes d'évaluation du plan croisé aurait pu entraîner un effet séquence et un effet période (fatigue systématiquement plus élevée en deuxième période). Ces derniers n'ont cependant pas été retrouvés.

Lors du parcours intérieur, le retrait de certaines épreuves du WST pourrait également impacter la fiabilité des résultats. Nous avons supposé à priori que certaines habiletés n'étaient pas impactées par le dispositif et les avons écartées. Les items retirés comprenaient : atteindre un objet élevé, ramasser un objet au sol, diminuer la pression exercée sur le siège, utiliser les options de positionnement du corps ou encore se transférer à partir du fauteuil roulant vers un banc et d'un banc vers le fauteuil roulant. D'autres items ont été retirés pour des raisons de sécurité car fortement déconseillés par le fabricant de l'AEP : monter et descendre une bordure de trottoir puis le refaire en se positionnant uniquement sur les roues arrière du fauteuil ou encore monter et descendre des marches d'escaliers. Bien que cette suppression ait déjà été réalisée par d'autres études s'intéressant aux AEP [63], ces modifications ont pu entraîner un biais de mesure.

Néanmoins, les résultats ont été obtenus alors que l'habileté à monter et descendre d'un véhicule n'a pas non plus été évaluée, ne faisant pas partie du WST. Cette dernière est considérée comme beaucoup plus difficile voire impossible [61] avec les AEP de type « roues motorisées » du fait de l'alourdissement important du FRM et de la relative inamovibilité des roues. L'allègement proposé et la possibilité de retirer l'ensemble roue-batterie auraient pu être en faveur du dispositif si cette compétence avait été notée.

2.4.2 Transposition en situation écologique

La quantification de la mobilité à domicile n'a pas montré de différences significatives après utilisation de l'AEP. De même la satisfaction et la qualité de vie des patients n'ont pas été significativement modifiées par l'ajout du système d'assistance.

Devant un manque de puissance statistique évident lié aux difficultés de réalisation des essais à domicile du fait de la pandémie à coronavirus, il conviendra de compléter ces recherches par de futures études incluant un nombre plus important de patients.

Malgré ce manque de puissance, la mobilité augmentait chez tous les patients, l'augmentation s'échelonnant entre +37% et +200%. Le score de qualité de vie présentait deux tendances, le sous-score physique présentant une variation entre +10% et +207% et le sous-score mental une faible variation entre 0% et +29%. Le score ESAT était quant à lui stable voire en diminution, entre -10% et +6%.

Dans la littérature disponible, il n'est pas retrouvé de modification de l'activité [69], de la participation et de la satisfaction [71,116] après une période d'utilisation d'une AEP à domicile.

2.4.2.1 Temporalité

Du fait de la pandémie, la réalisation de la seconde phase a été retardée de plusieurs mois. Les modalités organisationnelles et techniques ont été fortement perturbées, y compris durant les périodes suivantes de déconfinement et de reprise d'activité.

Il est possible qu'une période de quatre semaines ait été insuffisante pour obtenir des résultats significatifs.

En dehors des essais de prise en main au CERAH, l'apprentissage et le développement des compétences d'utilisation de l'AEP se sont déroulés en totale autonomie au cours des quatre semaines d'essai à domicile [67].

Il était nécessaire de prendre en compte une phase d'apprentissage et d'ajustement, phase dont Levy a estimé la durée à deux semaines [59]. Nous avons donc choisi d'évaluer le dispositif sur quatre semaines en ne retenant que les données des deux dernières. Il est possible que cette durée soit insuffisante pour développer le plein potentiel d'utilisation du FRH et modifier les habitudes de vie, certains patients ayant plus de difficultés à intégrer l'AEP dans leur déambulation.

Fitzgerald, Ding et Giesbrecht ont déjà réalisé certaines de nos évaluations sur une période plus courte que la nôtre : deux semaines pour les deux premières études et trois semaines pour la dernière [69,71,116]. Dans deux autres études, Giacobbi et Levy ont étudié l'impact d'une AEP sur une période plus longue de 8 semaines [59,64].

Dans les trois premières études, il n'était pas retrouvé de modification de distance parcourue, d'activité, de participation ou de satisfaction [69,71,116]. Dans les deux dernières [59,64] les participants rapportaient des ressentis subjectifs d'une meilleure activité et participation et la distance parcourue augmentait significativement dans une des deux études [59].

En résumé, bien que les résultats des mesures directes n'étaient pas significatifs, les patients ayant essayé un FRH à domicile rapportaient uniquement un sentiment subjectif d'amélioration [59,64,69,71,116].

2.4.2.2 Méthodes d'évaluation

Les retours informels apportés par les patients de notre étude après la période à domicile correspondent aux mêmes ressentis.

Une plus grande mobilité devrait améliorer la satisfaction et la qualité de vie [3–8], ce que nous ne retrouvons pas dans cette étude. L'évaluation à domicile pourrait, dans sa réalisation, présenter des limites expliquant les résultats discordants.

La mobilité et la qualité de vie des personnes en fauteuil ont été probablement sous-évaluées dans cette période associant vacances d'été et pandémie. [23,103].

L'évaluation de la qualité de vie par les questionnaires sélectionnés pourrait être insuffisamment sensible à la variation introduite par le FRH. Nous avons choisi le questionnaire SF-36 qui est un instrument générique d'évaluation de la qualité de vie, reconnu pour sa qualité, validé, considéré comme une référence et qui fait partie des outils les plus utilisés à cet effet dans le monde médical [104–109,117–119]. Cependant, l'absence de spécificité pour la mobilité pourrait diminuer la sensibilité au changement dans certaines conditions [120,121].

2.4.2.3 Limitations du dispositif, changements pratiques et facteurs psycho-sociaux.

Les dispositifs d'AEP en eux-mêmes pourraient présenter des caractéristiques limitantes. Les AEP sont reconnues surtout utiles lorsqu'un surplus de couple et d'endurance est nécessaire [122] ce qui est rare dans un environnement domestique. Or la littérature rapporte que la plupart des trajets du quotidien sont très courts, majoritairement en intérieur et lorsqu'ils se font en extérieur, ces itinéraires restent peu distants du domicile [102]. Il est possible que l'utilisation de l'assistance soit moins utile dans la majorité des trajets quotidiens que lors des parcours de test réalisés, pouvant expliquer l'absence de différence à domicile.

Le démarrage de l'assistance est une décision que prend activement l'utilisateur. L'utilisation de l'AEP mène donc à une réflexion permanente pour le patient, plus particulièrement en intérieur où elle peut parfois se révéler plus désavantageuse qu'une propulsion manuelle, du fait d'une plus augmentation du nombre d'actions à réaliser.

En outre, le changement de mode extérieur au mode intérieur (modifiant la méthode de désactivation de l'AEP) s'effectue via un interrupteur sous l'assise, rendant le choix du mode de fonctionnement rigide et nécessitant une constante planification.

Un changement brutal apporté par l'ajout d'une AEP sans temps d'adaptation suffisant pourrait perturber le schéma moteur que les utilisateurs ont déjà développé avec leur FRM [123]. Ils peuvent être confrontés à une inadéquation des nouvelles contraintes avec leurs habitudes préalables qui pourraient ne pas être adaptées aux exigences différentes du nouveau dispositif.

L'ajout d'une propulsion motorisée peut aussi modifier l'expérience de déambulation au point d'en diminuer certaines caractéristiques plaisantes. Par exemple, une diminution du plaisir kinesthésique à la propulsion, une dégradation de la sensation d'hybridation avec l'aide technique, une diminution de la confiance en soi par la perte du caractère actif de la déambulation, de nouvelles difficultés d'accessibilité dans les lieux publics du fait des restrictions propres au fauteuil roulant et une majoration de la sensation de stigmatisation du fait de cette nouvelle dépendance [123].

2.4.2.4 Modèle théorique et mesures

Le concept de qualité de vie ne fait pas partie du modèle théorique de fonctionnement humain tel que décrit par la Classification Internationale du Fonctionnement (CIF) [5]. Cette absence a été relevée à plusieurs reprises dans la littérature [124,125]. L'environnement est un domaine qui joue un rôle important dans l'activité, la participation et la qualité de vie des personnes qui utilisent des fauteuils roulants [123]. Les évaluations futures devraient documenter plus en détail les interactions entre ces variables dans des situations quotidiennes ou comment elles peuvent être utilisées conjointement avec des solutions environnementales.

L'auto-évaluation de la qualité de vie d'un individu est connue comme fluctuante dans le temps en dehors de toute évolution de l'état de santé [2,126]. Schwartz résume en 2007 cela par la théorie du « changement de réponse » (« Response Shift Theory ») qui implique une fluctuation de l'auto-évaluation de la qualité de vie indépendamment de toute modification objective [127].

2.4.2.5 Efficience énergétique

Maintenir l'indépendance à la mobilité est extrêmement important pour les utilisateurs de FRM. Certains présentant des troubles fonctionnels ou des douleurs des membres supérieurs, des capacités cardiorespiratoires et d'endurance réduites ou une diminution de la force disponible ont besoin, après un certain nombre d'années, de passer d'un fauteuil manuel à un fauteuil électrique. Parfois, ce changement peut être nécessaire du fait de comorbidités apportées par l'usage du FRM comme les troubles musculosquelettiques.

Pour se prémunir de ces atteintes, l'amélioration de la technique de propulsion du patient a été un des axes de recherche. Les individus expérimentés ont besoin de moins d'énergie pour produire la même poussée sur les mains courantes et ce rapport est appelé efficience énergétique, grâce à une modification de la dynamique et de la cinématique articulaire. Cependant, cela nécessite un seuil de force minimal et un effort musculaire accru aggravant la charge mécanique supportée par l'épaule. Le processus naturel tend à ce que l'efficience énergétique ait physiologiquement la priorité sur la contrainte articulaire [128] ce qui pourrait expliquer que les programmes d'entraînement à l'utilisation du FRM soient seulement bénéfiques à court terme avec des effets à longs termes mal évalués [129,130].

Plusieurs facteurs doivent être pris en compte lors de la sélection d'un fauteuil et passer d'un FRM à un FRE peut modifier les habitudes de vie. Ce changement, malgré des effets positifs sur l'indépendance, peut entraîner des contraintes notamment d'encombrement ou de maniabilité et aussi engendrer des conséquences négatives à long terme [123] notamment de type cardiovasculaire [52].

2.4.2.6 Intérêt du FRH

Les FRH avec AEP représentent un intermédiaire intéressant entre les FRM et les FRE, semblant cumuler les bénéfices des uns et s'affranchir pour partie des inconvénients des autres. L'utilisation d'un FRH, contrairement au FRE, pourrait maintenir une activité physique minimale et pourrait éviter la désadaptation cardiovasculaire et musculaire [50].

En dépit du progrès technique moderne, les dispositifs d'AEP ne présentent pas l'ensemble des évolutions que la sphère technologique propose de nos jours. Le marché réduit, les profits plus faibles espérés par les entreprises, le contrôle étatique majeur et les restrictions légales découragent probablement l'investissement dans ce secteur, entraînant un retard d'intégration technologique par rapport aux innovations disponibles pour le grand public dans le domaine de la mobilité.

En conséquence, il est possible que les dispositifs actuels n'aient pas encore atteint une maturité technologique suffisante pour répondre à l'ensemble de la problématique de la propulsion assistée.

Les contraintes d'utilisation inhérentes à ces technologies pourraient se réduire dans les années qui viennent et améliorer le rapport coût/bénéfice lors de l'utilisation en situation écologique.

Par exemple l'apport de la micro-informatique, de capteurs infra-rouges ou ultrasons pour détecter les obstacles et empêcher les collisions, de gyroscopes pour reconnaître les plans inclinés et la montée/descente des pentes pourrait changer la donne sur divers aspects.

Ces composants existent et sont déjà industriellement produits et incorporés dans les produits électroniques grand public et leur intégration pourrait constituer l'avenir des dispositifs d'AEP.

Développer des algorithmes d'intelligence artificielle dédiés à ces composants afin de rendre les réglages dynamiques et l'activation de la propulsion variable pourrait réduire le risque de collision, décharger l'utilisateur de contraintes comme la charge mentale de l'activation/désactivation de l'assistance, choisir le mode de fonctionnement et ajuster la puissance de propulsion par rapport aux exigences locales de l'environnement.

En définitive ces évolutions permettraient d'améliorer l'expérience utilisateur en adhérent mieux aux besoins instantanés, rendant la déambulation plus transparente, son utilisation plus fluide et restaurant l'unité fonctionnelle indispensable entre le patient et l'aide technique.

2.5 Conclusion et perspectives

L'utilisation d'un Fauteuil Roulant Hybride (FRH) avec Assistance Electrique à la Propulsion (AEP) de type troisième roue centrale améliore l'effort perçu à la déambulation ainsi que les paramètres de l'effort mécanique et cardiovasculaire. De plus, cela ne semble pas impacter négativement l'habileté à utiliser le fauteuil sur un parcours inspiré du Wheelchair Skills Test (WST).

Ces dispositifs pourraient être moins limitants notamment pour le transfert depuis ou dans un véhicule, aptitude clef malheureusement non évaluée.

Les FRH avec AEP de type troisième roue centrale semblent améliorer la mobilité à domicile sans que cela n'entraîne de modification significative de satisfaction et de qualité de vie des usagers.

Bien que la méthode d'évaluation puisse présenter un manque de sensibilité au changement et un manque de puissance, la technologie actuelle encore potentiellement immature pourrait être responsable de ces limites.

La littérature actuelle, par sa pauvreté, par son hétérogénéité populationnelle, de méthodes et de dispositifs étudiés ne permet pas de comparaison fiable et de faire émerger les avantages ou contraintes spécifiques aux modèles d'AEP. Il n'est pas encore possible en l'état d'établir des critères clairs en vue de la prescription adéquate de ces dispositifs.

En outre, des études supplémentaires seraient nécessaires pour évaluer les processus liant les performances de mobilité avec les critères du bien-être humain comme la satisfaction, la participation et la qualité de vie.

Depuis plusieurs années, la Haute Autorité de Santé incite les études évaluant les dispositifs médicaux à s'intéresser à l'impact en situation réelle. L'évaluation de la satisfaction et de la qualité de vie en situation écologique est donc de plus en plus encouragée.

Les outils les plus reconnus et développés dans le monde pour évaluer ces critères semblent faiblement sensibles aux changements électifs à la mobilité, pourraient être trop peu spécifiques pour permettre la mise en évidence d'une variation aussi ténue et donc être inadaptés.

En outre, l'importante multi factorialité de ces processus ajoute de fortes contraintes de puissance aux essais cliniques s'y intéressant. Non seulement la satisfaction et la qualité de vie découlent pour partie de facteurs indépendants d'un tel dispositif médical, mais ces mesures sont aussi fluctuantes chez les individus en dehors de toute modification objective par leur caractère subjectif et soumis aux variabilités des processus mentaux les déterminant.

Dès lors, il est légitime de s'interroger sur l'apport scientifique réel de ces aspirations au regard des contraintes qu'elles entraînent dans l'état actuel des outils et connaissances. Ces tendances pourraient décourager certains pans de la recherche sur le handicap et ralentir la mise au point d'innovations médicales s'y afférant.

3 BIBLIOGRAPHIE

1. The World Health Organization Quality of Life assessment (WHOQOL): position paper from the World Health Organization. *Soc Sci Med* 1982. nov 1995;41(10):1403-9.
2. Calman KC. Quality of life in cancer patients--an hypothesis. *J Med Ethics*. sept 1984;10(3):124-7.
3. Barbotte E, Guillemin F, Chau N, Lorhandicap Group. Prevalence of impairments, disabilities, handicaps and quality of life in the general population: a review of recent literature. *Bull World Health Organ*. 2001;79(11):1047-55.
4. Whiteneck G, Meade MA, Dijkers M, Tate DG, Bushnik T, Forchheimer MB. Environmental factors and their role in participation and life satisfaction after spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil*. nov 2004;85(11):1793-803.
5. WHO | International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF) [Internet]. WHO. World Health Organization; [cité 10 juill 2020]. Disponible sur: <http://www.who.int/classifications/icf/en/>
6. Rosso AL, Taylor JA, Tabb LP, Michael YL. Mobility, disability, and social engagement in older adults. *J Aging Health*. juin 2013;25(4):617-37.
7. Agahi N, Ahacic K, Parker MG. Continuity of leisure participation from middle age to old age. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci*. nov 2006;61(6):S340-346.
8. Davies A, De Souza LH, Frank AO. Changes in the quality of life in severely disabled people following provision of powered indoor/outdoor chairs. *Disabil Rehabil*. 18 mars 2003;25(6):286-90.
9. Personnes handicapées - Emploi, affaires sociales et inclusion - Commission européenne [Internet]. [cité 10 juill 2020]. Disponible sur: <https://ec.europa.eu/social/main.jsp?catId=1137&langId=fr>
10. Freedman VA, Martin LG, Schoeni RF. Recent trends in disability and functioning among older adults in the United States: a systematic review. *JAMA*. 25 déc 2002;288(24):3137-46.
11. Koontz AM, Ding D, Jan Y-K, de Groot S, Hansen A. Wheeled Mobility. *BioMed Res Int* [Internet]. 2015 [cité 30 avr 2020];2015. Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4397418/>
12. Karmarkar AM, Dicianno BE, Cooper R, Collins DM, Matthews JT, Koontz A, et al. Demographic profile of older adults using wheeled mobility devices. *J Aging Res*. 2011;2011:560358.
13. Guidelines on the Provision of Manual Wheelchairs in Less Resourced Settings [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2008 [cité 16 sept 2020]. (WHO Guidelines Approved by the Guidelines Review Committee). Disponible sur: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK143778/>

14. Vignier N, Ravaud J-F, Winance M, Lepoutre F-X, Ville I. Demographics of wheelchair users in France: results of national community-based handicaps-incapacités-dépendance surveys. *J Rehabil Med.* mars 2008;40(3):231-9.
15. Sapey B, Stewart J, Donaldson G. Increases in wheelchair use and perceptions of disablement. *Disabil Soc.* 1 août 2005;20:489-505.
16. Cooper RA, Cooper R, Boninger ML. Trends and issues in wheelchair technologies. *Assist Technol Off J RESNA.* 2008;20(2):61-72.
17. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. *World population ageing, 2019 highlights.* 2020.
18. Reid D, Laliberte-Rudman D, Hebert D. Impact of wheeled seated mobility devices on adult users' and their caregivers' occupational performance: a critical literature review. *Can J Occup Ther Rev Can Ergother.* déc 2002;69(5):261-80.
19. LaPlante MP, Kaye HS. Demographics and trends in wheeled mobility equipment use and accessibility in the community. *Assist Technol Off J RESNA.* 2010;22(1):3-17; quiz 19.
20. Morales E, Gamache S, Edwards G. Morales, E., Gamache, S., Edwards, G., Winter: (2014) Public Enemy #1 for Accessibility: Exploring New Solutions. *Journal of Universal Design and Accessibility, JACCES,* 2014 - 4(1): 29-51. ISSN: 2013-7087. *J Access Des All.* 1 janv 2014;4.
21. Ripat JD, Brown CL, Ethans KD. Barriers to wheelchair use in the winter. *Arch Phys Med Rehabil.* juin 2015;96(6):1117-22.
22. Ripat J, Colatruglio A. Exploring Winter Community Participation Among Wheelchair Users: An Online Focus Group. *Occup Ther Health Care.* 2016;30(1):95-106.
23. Ripat J, Borisoff JF, Grant LE, Chan FHN. Patterns of community participation across the seasons: A year-long case study of three Canadian wheelchair users. *Disabil Rehabil.* mars 2018;40(6):722-31.
24. Wee J, Lysaght R. Factors affecting measures of activities and participation in persons with mobility impairment. *Disabil Rehabil.* 2009;31(20):1633-42.
25. Fuhrer MJ. Assistive technology outcomes research: challenges met and yet unmet. *Am J Phys Med Rehabil.* juill 2001;80(7):528-35.
26. Curtis KA, Drysdale GA, Lanza RD, Kolber M, Vitolo RS, West R. Shoulder pain in wheelchair users with tetraplegia and paraplegia. *Arch Phys Med Rehabil.* avr 1999;80(4):453-7.
27. Jayaraman C, Beck CL, Sosnoff JJ. Shoulder pain and jerk during recovery phase of manual wheelchair propulsion. *J Biomech.* 5 nov 2015;48(14):3937-44.

28. Aljure J, Eltorai I, Bradley WE, Lin JE, Johnson B. Carpal tunnel syndrome in paraplegic patients. *Paraplegia*. juin 1985;23(3):182-6.
29. Veeger HEJ, Rozendaal LA, van der Helm FCT. Load on the shoulder in low intensity wheelchair propulsion. *Clin Biomech Bristol Avon*. mars 2002;17(3):211-8.
30. Lin Y-S, Boninger M, Worobey L, Farrokhi S, Koontz A. Effects of Repetitive Shoulder Activity on the Subacromial Space in Manual Wheelchair Users. *BioMed Res Int [Internet]*. 2014 [cité 16 mai 2020];2014. Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4158143/>
31. Cooper RA, Wolf E, Fitzgerald SG, Kellerher A, Ammer W, Boninger ML, et al. Evaluation of selected sidewalk pavement surfaces for vibration experienced by users of manual and powered wheelchairs. *J Spinal Cord Med*. 2004;27(5):468-75.
32. Veeger HE, Meershoek LS, van der Woude LH, Langenhoff JM. Wrist motion in handrim wheelchair propulsion. *J Rehabil Res Dev*. juill 1998;35(3):305-13.
33. Boninger ML, Cooper RA, Baldwin MA, Shimada SD, Koontz A. Wheelchair pushrim kinetics: body weight and median nerve function. *Arch Phys Med Rehabil*. août 1999;80(8):910-5.
34. Mulroy SJ, Gronley JK, Newsam CJ, Perry J. Electromyographic activity of shoulder muscles during wheelchair propulsion by paraplegic persons. *Arch Phys Med Rehabil*. févr 1996;77(2):187-93.
35. Mulroy SJ, Farrokhi S, Newsam CJ, Perry J. Effects of spinal cord injury level on the activity of shoulder muscles during wheelchair propulsion: an electromyographic study. *Arch Phys Med Rehabil*. juin 2004;85(6):925-34.
36. Requejo PS, Lee SE, Mulroy SJ, Haubert LL, Bontrager EL, Gronley JK, et al. Shoulder muscular demand during lever-activated vs pushrim wheelchair propulsion in persons with spinal cord injury. *J Spinal Cord Med*. 2008;31(5):568-77.
37. Giesbrecht EM, Smith EM, Mortenson WB, Miller WC. Needs for mobility devices, home modifications and personal assistance among Canadians with disabilities. *Health Rep*. 16 août 2017;28(8):9-15.
38. George Klein | The Canadian Encyclopedia [Internet]. [cité 21 août 2019]. Disponible sur: <https://thecanadianencyclopedia.ca/en/article/george-klein>
39. The Maker: George Klein and the first electric wheelchair [Internet]. U of T Engineering News. 2017 [cité 21 août 2019]. Disponible sur: <https://news.engineering.utoronto.ca/maker-george-klein-first-electric-wheelchair/>

40. GMT P 01 J 2005 | 04:00. Chinas Cyclists Take Charge - IEEE Spectrum [Internet]. IEEE Spectrum: Technology, Engineering, and Science News. [cité 21 août 2019]. Disponible sur: <https://spectrum.ieee.org/transportation/advanced-cars/chinas-cyclists-take-charge>
41. Brandt A, Iwarsson S, Ståhle A. Older people's use of powered wheelchairs for activity and participation. *J Rehabil Med.* mars 2004;36(2):70-7.
42. Edwards K, McCluskey A. A survey of adult power wheelchair and scooter users. *Disabil Rehabil Assist Technol.* 2010;5(6):411-9.
43. May E, Garrett R, Ballantyne A. Being mobile: electric mobility-scooters and their use by older people. *Ageing Soc.* oct 2010;30(7):1219-37.
44. Evans S, Frank AO, Neophytou C, de Souza L. Older adults' use of, and satisfaction with, electric powered indoor/outdoor wheelchairs. *Age Ageing.* juill 2007;36(4):431-5.
45. Auger C, Demers L, Gélinas I, Jutai J, Fuhrer MJ, DeRuyter F. Powered mobility for middle-aged and older adults: systematic review of outcomes and appraisal of published evidence. *Am J Phys Med Rehabil.* août 2008;87(8):666-80.
46. Löfqvist C, Pettersson C, Iwarsson S, Brandt A. Mobility and mobility-related participation outcomes of powered wheelchair and scooter interventions after 4-months and 1-year use. *Disabil Rehabil Assist Technol.* mai 2012;7(3):211-8.
47. Pettersson I, Törnquist K, Ahlström G. The effect of an outdoor powered wheelchair on activity and participation in users with stroke. *Disabil Rehabil Assist Technol.* sept 2006;1(4):235-43.
48. Hoenig H, Giacobbi P, Levy CE. Methodological challenges confronting researchers of wheeled mobility aids and other assistive technologies. *Disabil Rehabil Assist Technol.* mai 2007;2(3):159-68.
49. Samuelsson K, Wressle E. Powered wheelchairs and scooters for outdoor mobility: a pilot study on costs and benefits. *Disabil Rehabil Assist Technol.* juill 2014;9(4):330-4.
50. Kloosterman MGM, Snoek GJ, van der Woude LHV, Buurke JH, Rietman JS. A systematic review on the pros and cons of using a pushrim-activated power-assisted wheelchair. *Clin Rehabil.* avr 2013;27(4):299-313.
51. Torkia C, Reid D, Korner-Bitensky N, Kairy D, Rushton PW, Demers L, et al. Power wheelchair driving challenges in the community: a users' perspective. *Disabil Rehabil Assist Technol.* 4 mai 2015;10(3):211-5.
52. Zagol BW, Krasuski RA. Effect of motorized scooters on quality of life and cardiovascular risk. *Am J Cardiol.* 1 mars 2010;105(5):672-6.

53. Electromyographic Comparison of Wheelchair Propulsion Using Manual and Power-Assisted Chairs | Request PDF [Internet]. ResearchGate. [cité 30 août 2020]. Disponible sur: https://www.researchgate.net/publication/232114975_Electromyographic_Comparison_of_Wheelchair_Propulsion_Using_Manual_and_Power-Assisted_Chairs
54. Karmarkar A, Cooper RA, Liu H, Connor S, Puhlman J. Evaluation of Pushrim-Activated Power-Assisted Wheelchairs Using ANSI/RESNA Standards. *Arch Phys Med Rehabil.* juin 2008;89(6):1191-8.
55. Singh A, Tetreault L, Kalsi-Ryan S, Nouri A, Fehlings MG. Global prevalence and incidence of traumatic spinal cord injury. *Clin Epidemiol.* 2014;6:309-31.
56. Corfman TA, Cooper RA, Boninger ML, Koontz AM, Fitzgerald SG. Range of motion and stroke frequency differences between manual wheelchair propulsion and pushrim-activated power-assisted wheelchair propulsion. *J Spinal Cord Med.* 2003;26(2):135-40.
57. Algood SD, Cooper RA, Fitzgerald SG, Cooper R, Boninger ML. Impact of a pushrim-activated power-assisted wheelchair on the metabolic demands, stroke frequency, and range of motion among subjects with tetraplegia. *Arch Phys Med Rehabil.* nov 2004;85(11):1865-71.
58. Lighthall-Haubert L, Requejo PS, Mulroy SJ, Newsam CJ, Bontrager E, Gronley JK, et al. Comparison of shoulder muscle electromyographic activity during standard manual wheelchair and push-rim activated power assisted wheelchair propulsion in persons with complete tetraplegia. *Arch Phys Med Rehabil.* nov 2009;90(11):1904-15.
59. Levy CE, Buman MP, Chow JW, Tillman MD, Fournier KA, Giacobbi P. Use of power assist wheels results in increased distance traveled compared with conventional manual wheeling. *Am J Phys Med Rehabil.* août 2010;89(8):625-34.
60. Arva J, Fitzgerald SG, Cooper RA, Boninger ML. Mechanical efficiency and user power requirement with a pushrim activated power assisted wheelchair. *Med Eng Phys.* déc 2001;23(10):699-705.
61. Cooper RA, Fitzgerald SG, Boninger ML, Prins K, Rentschler AJ, Arva J, et al. Evaluation of a pushrim-activated, power-assisted wheelchair. *Arch Phys Med Rehabil.* mai 2001;82(5):702-8.
62. Nash MS, Koppens D, van Haaren M, Sherman AL, Lippiatt JP, Lewis JE. Power-assisted wheels ease energy costs and perceptual responses to wheelchair propulsion in persons with shoulder pain and spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil.* nov 2008;89(11):2080-5.
63. Algood SD, Cooper RA, Fitzgerald SG, Cooper R, Boninger ML. Effect of a pushrim-activated power-assist wheelchair on the functional capabilities of persons with tetraplegia. *Arch Phys Med Rehabil.* mars 2005;86(3):380-6.

64. Giacobbi PR, Levy CE, Dietrich FD, Winkler SH, Tillman MD, Chow JW. Wheelchair Users' Perceptions of and Experiences with Power Assist Wheels: *Am J Phys Med Rehabil.* mars 2010;89(3):225-34.
65. Levy CE, Chow JW, Tillman MD, Hanson C, Donohue T, Mann WC. Variable-ratio pushrim-activated power-assist wheelchair eases wheeling over a variety of terrains for elders. *Arch Phys Med Rehabil.* janv 2004;85(1):104-12.
66. Love JA, Benson J. Community use of a pushrim activated power-assisted wheelchair by an individual with facioscapulohumeral muscular dystrophy. *Physiother Theory Pract.* sept 2006;22(4):207-18.
67. de Klerk R, Lutjeboer T, Vegter RJK, van der Woude LHV. Practice-based skill acquisition of pushrim-activated power-assisted wheelchair propulsion versus regular handrim propulsion in novices. *J NeuroEngineering Rehabil.* déc 2018;15(1):56.
68. Energy Expenditure and Propulsion Characteristics when Propelling a Standard and Three Pushrim-Activated Power-Assisted Wheelchairs [Internet]. [cité 8 juin 2020]. Disponible sur: <https://www.resna.org/sites/default/files/legacy/conference/proceedings/2005/Research/SM/Requejo.html>
69. Fitzgerald SG, Arva J, Cooper RA, Dvorznak MJ, Spaeth DM, Boninger ML. A pilot study on community usage of a pushrim-activated, power-assisted wheelchair. *Assist Technol Off J RESNA.* 2003;15(2):113-9.
70. Ding D, Souza A, Cooper RA, Fitzgerald SG, Cooper R, Kelleher A, et al. A preliminary study on the impact of pushrim-activated power-assist wheelchairs among individuals with tetraplegia. *Am J Phys Med Rehabil.* oct 2008;87(10):821-9.
71. Giesbrecht EM, Ripat JD, Quanbury AO, Cooper JE. Participation in community-based activities of daily living: Comparison of a pushrim-activated, power-assisted wheelchair and a power wheelchair. *Disabil Rehabil Assist Technol.* janv 2009;4(3):198-207.
72. Best KL, Kirby RL, Smith C, MacLeod DA. Comparison between performance with a pushrim-activated power-assisted wheelchair and a manual wheelchair on the Wheelchair Skills Test. *Disabil Rehabil.* 28 févr 2006;28(4):213-20.
73. Kirby RL, Smith C, Seaman R, Macleod DA, Parker K. The manual wheelchair wheelie: a review of our current understanding of an important motor skill. *Disabil Rehabil Assist Technol.* juin 2006;1(1-2):119-27.
74. Sawatzky B, Mortenson WB, Wong S. Learning to use a rear-mounted power assist for manual wheelchairs. *Disabil Rehabil Assist Technol.* 2018;13(8):772-6.

75. Effect of the use of electric assistance on the propulsion of the manual wheelchair Smartdrive on the biomechanical parameters of the propulsion in ecological situation | Request PDF [Internet]. ResearchGate. [cité 31 août 2020]. Disponible sur: https://www.researchgate.net/publication/320050342_Effect_of_the_use_of_electric_assistance_on_the_propulsion_of_the_manual_wheelchair_Smartdrive_on_the_biomechanical_parameters_of_the_propulsion_in_ecological_situation
76. Wong S, Mortenson B, Sawatzky B. Starting and stopping kinetics of a rear mounted power assist for manual wheelchairs. *Assist Technol Off J RESNA*. 2019;31(2):77-81.
77. Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc*. 1982;14(5):377-81.
78. Irving BA, Rutkowski J, Brock DW, Davis CK, Barrett EJ, Gaesser GA, et al. Comparison of Borg- and OMNI-RPE as markers of the blood lactate response to exercise. *Med Sci Sports Exerc*. juill 2006;38(7):1348-52.
79. Scherr J, Wolfarth B, Christle JW, Pressler A, Wagenpfeil S, Halle M. Associations between Borg's rating of perceived exertion and physiological measures of exercise intensity. *Eur J Appl Physiol*. janv 2013;113(1):147-55.
80. Al-Rahamneh HQ, Faulkner JA, Byrne C, Eston RG. Relationship between perceived exertion and physiologic markers during arm exercise with able-bodied participants and participants with poliomyelitis. *Arch Phys Med Rehabil*. févr 2010;91(2):273-7.
81. Qi L, Ferguson-Pell M, Salimi Z, Haennel R, Ramadi A. Wheelchair users' perceived exertion during typical mobility activities. *Spinal Cord*. sept 2015;53(9):687-91.
82. Crytzer TM, Dicianno BE, Robertson RJ, Cheng Y-T. Validity of a wheelchair perceived exertion scale (wheel scale) for arm ergometry exercise in people with spina bifida. *Percept Mot Skills*. févr 2015;120(1):304-22.
83. Soriano-Maldonado A, Ruiz JR, Álvarez-Gallardo IC, Segura-Jiménez V, Santalla A, Munguía-Izquierdo D. Validity and reliability of rating perceived exertion in women with fibromyalgia: exertion-pain discrimination. *J Sports Sci*. 2015;33(14):1515-22.
84. Coquart J-B, Tourny-Chollet C, Lemaître F, Lemaire C, Grosbois J-M, Garcin M. Relevance of the measure of perceived exertion for the rehabilitation of obese patients. *Ann Phys Rehabil Med*. déc 2012;55(9-10):623-40.
85. Leung M-L, Chung P-K, Leung RW. An assessment of the validity and reliability of two perceived exertion rating scales among Hong Kong children. *Percept Mot Skills*. déc 2002;95(3 Pt 2):1047-62.

86. Leung RW, Leung M-L, Chung P-K. Validity and reliability of a Cantonese-translated rating of perceived exertion scale among Hong Kong adults. *Percept Mot Skills*. avr 2004;98(2):725-35.
87. Pfeiffer KA, Pivarnik JM, Womack CJ, Reeves MJ, Malina RM. Reliability and validity of the Borg and OMNI rating of perceived exertion scales in adolescent girls. *Med Sci Sports Exerc*. déc 2002;34(12):2057-61.
88. Mahon AD, Marsh ML. Reliability of the rating of perceived exertion at ventilatory threshold in children. *Int J Sports Med*. nov 1992;13(8):567-71.
89. Löllgen H, Ulmer HV, Gross R, Wilbert G, von Nieding G. Methodical aspects of perceived exertion rating and its relation to pedalling rate and rotating mass. *Eur J Appl Physiol*. 15 août 1975;34(3):205-15.
90. Soriano-Maldonado A, Romero L, Femia P, Roero C, Ruiz JR, Gutierrez A. A learning protocol improves the validity of the Borg 6-20 RPE scale during indoor cycling. *Int J Sports Med*. mai 2014;35(5):379-84.
91. Compagnat M, Salle JY, Mandigout S, Lacroix J, Vuillerme N, Daviet JC. Rating of perceived exertion with Borg scale in stroke over two common activities of the daily living. *Top Stroke Rehabil*. 2018;25(2):145-9.
92. Cleland BT, Ingraham BA, Pitluck MC, Woo D, Ng AV. Reliability and Validity of Ratings of Perceived Exertion in Persons With Multiple Sclerosis. *Arch Phys Med Rehabil*. 2016;97(6):974-82.
93. Chung P-K, Zhao Y, Liu J-D, Quach B. A BRIEF NOTE ON THE VALIDITY AND RELIABILITY OF THE RATING OF PERCEIVED EXERTION SCALE IN MONITORING EXERCISE INTENSITY AMONG CHINESE OLDER ADULTS IN HONG KONG. *Percept Mot Skills*. déc 2015;121(3):805-9.
94. Martinez-Martin P, Catalan MJ, Benito-Leon J, Moreno AO, Zamarbide I, Cubo E, et al. Impact of fatigue in Parkinson's disease: the Fatigue Impact Scale for Daily Use (D-FIS). *Qual Life Res Int J Qual Life Asp Treat Care Rehabil*. mai 2006;15(4):597-606.
95. Demers L, Weiss-Lambrou R, Ska B. Development of the Quebec User Evaluation of Satisfaction with assistive Technology (QUEST). *Assist Technol Off J RESNA*. 1996;8(1):3-13.
96. Demers L, Weiss-Lambrou R, Ska B. Item analysis of the Quebec User Evaluation of Satisfaction with Assistive Technology (QUEST). *Assist Technol Off J RESNA*. 2000;12(2):96-105.
97. Demers L, Monette M, Lapierre Y, Arnold DL, Wolfson C. Reliability, validity, and applicability of the Quebec User Evaluation of Satisfaction with assistive Technology (QUEST 2.0) for adults with multiple sclerosis. *Disabil Rehabil*. 10 févr 2002;24(1-3):21-30.

98. RefAT - Évaluation de la satisfaction envers une aide technique (ÉSAT) / Quebec User Evaluation of Satisfaction with Assistive Technology (QUEST 2.0) [Internet]. [cité 8 août 2020]. Disponible sur: <http://censea.ceremh.org/outils-evaluation/45>
99. Shone SM, Ryan S, Rigby PJ, Jutai JW. Toward a comprehensive evaluation of the impact of electronic aids to daily living: evaluation of consumer satisfaction. *Disabil Rehabil.* 10 févr 2002;24(1-3):115-25.
100. Jedeloo S, De Witte LP, Linssen B a. J, Schrijvers AJP. Client satisfaction with service delivery of assistive technology for outdoor mobility. *Disabil Rehabil.* 10 juill 2002;24(10):550-7.
101. Trefler E, Fitzgerald SG, Hobson DA, Bursick T, Joseph R. Outcomes of wheelchair systems intervention with residents of long-term care facilities. *Assist Technol Off J RESNA.* 2004;16(1):18-27.
102. Sonenblum SE, Sprigle S, Lopez RA. Manual wheelchair use: bouts of mobility in everyday life. *Rehabil Res Pract.* 2012;2012:753165.
103. Borisoff JF, Ripat J, Chan F. Seasonal Patterns of Community Participation and Mobility of Wheelchair Users Over an Entire Year. *Arch Phys Med Rehabil.* 2018;99(8):1553-60.
104. Coons SJ, Rao S, Keininger DL, Hays RD. A comparative review of generic quality-of-life instruments. *PharmacoEconomics.* janv 2000;17(1):13-35.
105. Brazier JE, Harper R, Jones NM, O’Cathain A, Thomas KJ, Usherwood T, et al. Validating the SF-36 health survey questionnaire: new outcome measure for primary care. *BMJ.* 18 juill 1992;305(6846):160-4.
106. Forchheimer M, McAweeney M, Tate DG. Use of the SF-36 among persons with spinal cord injury. *Am J Phys Med Rehabil.* mai 2004;83(5):390-5.
107. Lee BB, King MT, Simpson JM, Haran MJ, Stockler MR, Marial O, et al. Validity, responsiveness, and minimal important difference for the SF-6D health utility scale in a spinal cord injured population. *Value Health J Int Soc Pharmacoeconomics Outcomes Res.* août 2008;11(4):680-8.
108. Froehlich-Grobe K, Andresen EM, Caburnay C, White GW. Measuring health-related quality of life for persons with mobility impairments: an enabled version of the short-form 36 (SF-36E). *Qual Life Res Int J Qual Life Asp Treat Care Rehabil.* juin 2008;17(5):751-70.
109. Michel YA, Engel L, Rand-Hendriksen K, Augestad LA, Whitehurst DG. « When I saw walking I just kind of took it as wheeling »: interpretations of mobility-related items in generic, preference-based health state instruments in the context of spinal cord injury. *Health Qual Life Outcomes.* 28 nov 2016;14(1):164.

110. Kloosterman MGM, Eising H, Schaake L, Buurke JH, Rietman JS. Comparison of shoulder load during power-assisted and purely hand-rim wheelchair propulsion. *Clin Biomech Bristol Avon.* juin 2012;27(5):428-35.
111. Guillon B, Van-Hecke G, Iddir J, Pellegrini N, Beghoul N, Vaugier I, et al. Evaluation of 3 Pushrim-Activated Power-Assisted Wheelchairs in Patients With Spinal Cord Injury. *Arch Phys Med Rehabil.* mai 2015;96(5):894-904.
112. Pavlidou E, Kloosterman MGM, Buurke JH, Rietman JS, Janssen TWJ. Rolling resistance and propulsion efficiency of manual and power-assisted wheelchairs. *Med Eng Phys.* nov 2015;37(11):1105-10.
113. Changes In Upper Extremity And Trunk Angular Kinematics During Power-assisted Wheelchair Use | Request PDF [Internet]. ResearchGate. [cité 12 sept 2020]. Disponible sur: https://www.researchgate.net/publication/246657612_Changes_In_Upper_Extremity_And_Trunk_Angular_Kinematics_During_Power-assisted_Wheelchair_Use
114. Choukou M-A, Best KL, Potvin-Gilbert M, Routhier F, Lettre J, Gamache S, et al. Scoping review of propelling aids for manual wheelchairs. *Assist Technol Off J RESNA.* 28 mai 2019;1-15.
115. Wieczorek B, Warguła Ł, Rybarczyk D. Impact of a Hybrid Assisted Wheelchair Propulsion System on Motion Kinematics during Climbing up a Slope. *Appl Sci.* janv 2020;10(3):1025.
116. Ding D, Souza A, Cooper RA, Fitzgerald SG, Cooper R, Kelleher A, et al. A Preliminary Study on the Impact of Pushrim-Activated Power-Assist Wheelchairs Among Individuals with Tetraplegia: *Am J Phys Med Rehabil.* oct 2008;87(10):821-9.
117. QL_FR_2013.pdf [Internet]. [cité 8 août 2020]. Disponible sur: https://his.wiv-isp.be/fr/Documents%20partages/QL_FR_2013.pdf
118. Stadhouders A, Buckens CFM, Holtslag HR, Oner FC. Are existing outcome instruments suitable for assessment of spinal trauma patients? *J Neurosurg Spine.* nov 2010;13(5):638-47.
119. Dijkers MPJM. Quality of life of individuals with spinal cord injury: a review of conceptualization, measurement, and research findings. *J Rehabil Res Dev.* juin 2005;42(3 Suppl 1):87-110.
120. Busija L, Pausenberger E, Haines TP, Haymes S, Buchbinder R, Osborne RH. Adult measures of general health and health-related quality of life: Medical Outcomes Study Short Form 36-Item (SF-36) and Short Form 12-Item (SF-12) Health Surveys, Nottingham Health Profile (NHP), Sickness Impact Profile (SIP), Medical Outcomes Study Short Form 6D (SF-6D), Health Utilities Index Mark 3 (HUI3), Quality of Well-Being Scale (QWB), and Assessment of Quality of Life (AQOL). *Arthritis Care Res.* 2011;63(S11):S383-412.

121. Gamst-Klaussen T, Lamu AN. Does the EQ-5D usual activities dimension measure what it intends to measure? The relative importance of work, study, housework, family or leisure activities. *Qual Life Res Int J Qual Life Asp Treat Care Rehabil.* 23 avr 2020;
122. Best KL, Kirby RL, Smith C, MacLeod DA. Comparison between performance with a pushrim-activated power-assisted wheelchair and a manual wheelchair on the Wheelchair Skills Test. *Disabil Rehabil.* 28 févr 2006;28(4):213-20.
123. Mortenson W, Hammell K, Luts A, Soles C, Miller W. The power of power wheelchairs: Mobility choices of community-dwelling, older adults. *Scand J Occup Ther.* 2015;22(5):394-401.
124. Sprangers MAG, Schwartz CE. Integrating response shift into health-related quality of life research: a theoretical model. *Soc Sci Med.* 1 juin 1999;48(11):1507-15.
125. Institute of Medicine (US) Committee on Disability in America. *The Future of Disability in America* [Internet]. Field MJ, Jette AM, éditeurs. Washington (DC): National Academies Press (US); 2007 [cité 10 juill 2020]. (The National Academies Collection: Reports funded by National Institutes of Health). Disponible sur: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK11434/>
126. Dijkers MP. Correlates of life satisfaction among persons with spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil.* août 1999;80(8):867-76.
127. Schwartz CE, Andresen EM, Nosek MA, Krahn GL. Response Shift Theory: Important Implications for Measuring Quality of Life in People With Disability. *Arch Phys Med Rehabil.* 1 avr 2007;88(4):529-36.
128. Vegter RJK, Hartog J, de Groot S, Lamoth CJ, Bekker MJ, van der Scheer JW, et al. Early motor learning changes in upper-limb dynamics and shoulder complex loading during handrim wheelchair propulsion. *J Neuroengineering Rehabil.* 10 mars 2015;12:26.
129. Tu C-J, Liu L, Wang W, Du H-P, Wang Y-M, Xu Y-B, et al. Effectiveness and safety of wheelchair skills training program in improving the wheelchair skills capacity: a systematic review. *Clin Rehabil.* déc 2017;31(12):1573-82.
130. Schottler J, Graf A, Kelly E, Vogel L. Training Youth With SCI to Improve Efficiency and Biomechanics of Wheelchair Propulsion: A Pilot Study. *Top Spinal Cord Inj Rehabil.* 2019;25(2):157-63.

4 ANNEXES

4.1 Annexe 01

Tableaux récapitulatifs des études retenues pour une revue de la littérature retenant les essais cliniques évaluant les dispositifs d'AEP

| Date et auteur | Design | Objectif | Dispositif(s) testé(s) | Population | Résultats concernant le Papaw | Conclusions des auteurs et perspectives | Titre |
|----------------------------|---|---|--|---|--|--|---|
| 2001 Arva & al | Essai clinique croisé randomisé | Evaluation comparative sur banc d'essai dynamométrique | Yamaha JWII commercialisé sous le nom "Quickie Xtender" | 10 utilisateurs de FRM | <ul style="list-style-type: none"> diminution du coût métabolique de propulsion : 3,65x moins de puissance nécessaire augmentation de l'efficacité mécanique moyenne de propulsion : 80% plus élevée responsable de 73% de la poussée lors de la propulsion | <ul style="list-style-type: none"> pourrait retarder les complications secondaires du FRM peut convenir aux personnes qui utilisent actuellement des FRE et qui ont (ou sont à risque) de TMS des membres supérieurs, de capacités d'exercice réduite, de faible résistance ou d'endurance | Mechanical Efficiency and User Power Requirement With a Pushrim Activated Power Assisted Wheelchair |
| 2001 Cooper & al | Essai clinique croisé randomisé | Evaluation comparative en 3 phases : 1 - évaluation sur banc d'essai du respect des normes ANSI-RESNA 2- comparaison en cross-over sur banc dynamométrique pour évaluer la consommation d'oxygène et la fréquence cardiaque 3 - évaluation des performances de mobilité sur 3 épreuves standardisées en cross-over (basée sur des AVQ) | Yamaha JWII commercialisé sous le nom "Quickie Xtender" | 10 utilisateurs de FRM | <ul style="list-style-type: none"> respecte les standards américains ANSI-RESNA réduit la consommation d'oxygène et la FC plus ergonomique que le FRM sauf pour 3 tâches : transfert voiture, retirer le dispositif et le mettre en place | <ul style="list-style-type: none"> moins stress physiologique lors de la mobilité mais peu d'adaptation à l'environnement et au véhicule entraînant une hausse des contraintes de transport et une rigidité d'utilisation | Evaluation of a Pushrim-Activated, Power-Assisted Wheelchair |
| 2003 Corfman & al | Essai clinique croisé randomisé | Evaluation comparative l'impact de la cinématique de propulsion sur banc dynamométrique à 3 niveaux de résistance et 2 niveaux de vitesse | Yamaha JWII commercialisé sous le nom "Quickie Xtender" | 10 utilisateurs de FRM paraplégiques | <ul style="list-style-type: none"> diminue la flexion, l'extension de l'épaule, la flexion et l'extension horizontale, la flexion et l'extension du coude, la flexion et l'extension du poignet et la déviation ulnaire et radiale pour de nombreuses combinaisons de vitesse et de résistance la fréquence des poussées est inchangée | <ul style="list-style-type: none"> possible utilité du PAPA dans la réduction du risque de survenue de complications chez les utilisateurs de FRM, par exemple de neuropathie des membres supérieurs | Range of Motion and Stroke Frequency Differences Between Manual Wheelchair Propulsion and Pushrim-Activated Power-Assisted Wheelchair Propulsion |
| 2003 Fitzgerald & al | Essai clinique croisé randomisé | Evaluation comparative de l'impact sur l'activité et participation en situation écologique : FRM 2 semaines et Papaw 2 semaines | Yamaha JWII commercialisé sous le nom "Quickie Xtender" | 7 utilisateurs de FRM paraplégiques | <ul style="list-style-type: none"> aucune différence significative d'activité mise en évidence | <ul style="list-style-type: none"> suggestion que l'échantillon est trop faible ou la durée de suivi trop courte entraînant un manque de puissance suggèrent un meilleur design pour de futures études notamment un suivi plus long que 15 jours | A Pilot Study on Community Usage of a Pushrim-Activated, Power-Assisted Wheelchair |
| 2004 Algood & al | Essai clinique croisé randomisé | Evaluation comparative avec FRM sur paramètres d'effort et mécaniques des MS en laboratoire à 3 différentes résistances sur banc d'essai | Yamaha JWII commercialisé sous le nom "Quickie Xtender" | 15 utilisateurs de FRM tétraplégiques | <ul style="list-style-type: none"> diminution de la consommation moyenne d'oxygène diminution de la ventilation diminution de la fréquence cardiaque moyenne à haute résistance diminution de la fréquence des poussées pour les résistances légères et modérées diminution de l'amplitude de mouvement avec le Papaw | <ul style="list-style-type: none"> Pour les sujets atteints de tétraplégie, les PAPA réduisent la demande d'énergie, la fréquence des coups de bras et l'amplitude articulaire par rapport à la propulsion manuelle traditionnelle en FRM | Impact of a Pushrim-Activated Power-Assisted Wheelchair on the Metabolic Demands, Stroke Frequency, and Range of Motion Among Subjects With Tetraplegia |
| 2004 Levy & al | Essai clinique croisé randomisé | Evaluation comparative des performances et de l'effort perçu en laboratoire | Deltaglide | 11 utilisateurs de FRM âgés de plus de 55 ans | <ul style="list-style-type: none"> diminution de la fréquence cardiaque diminution de l'effort perçu diminution de l'activité électromyographique pour 5 des 8 muscles testés "plus facile" ou "facile" à pousser sur des surfaces planes et inclinées selon les utilisateurs, ainsi que sur les surfaces recouvertes de moquette et inclinées plus de 50% des utilisateurs souhaiteraient échanger «définitivement» ou «probablement» leurs FRM contre le PAPA si l'occasion leur en était donnée une majorité des utilisateurs estiment qu'un Papaw leur permettrait de découvrir de nouveaux lieux de mobilité antérieurement inaccessibles temps exigé pour terminer les tests identique entre FRM et Papaw nombre de poussées identique | <ul style="list-style-type: none"> un Papaw entraîne une réduction de l'effort associé au roulage et est une alternative acceptable aux FRM suggèrent des évaluations en situation extérieure | Variable-Ratio Pushrim-Activated Power-Assist Wheelchair Eases Wheeling Over a Variety of Terrains for Elders |
| 2004 Lighthall Aubert & al | Essai clinique non contrôlé non randomisé avec mesures répétées sur un seul participant | Evaluation comparative de la dépense énergétique et des caractéristiques de propulsion d'un utilisateur atteint de tétraplégie propulsant un FRM et 3 PAPA | 3 Papaw : i-GLIDE, Yamaha JWII (Quickie Xtender) et Alber E motion | 1 utilisateur de FRM tétraplégique de 53 ans | <ul style="list-style-type: none"> tous les PAPA ont réduit la consommation d'oxygène seul le Xtender a amélioré la vitesse de déplacement ce qui a entraîné la plus grande amélioration de l'efficacité énergétique | <ul style="list-style-type: none"> Hypothèse : poussée mieux symétrisée par le DM par rapport aux asymétries de force appliquées à chaque main courante | Energy Expenditure and Propulsion Characteristics when Propelling a Standard and Three Pushrim-Activated Power-Assisted Wheelchairs |

| <i>Date et auteur</i> | <i>Design</i> | <i>Objectif</i> | <i>Dispositif(s) testé(s)</i> | <i>Population</i> | <i>Résultats concernant le Papaw</i> | <i>Conclusions des auteurs et perspectives</i> | <i>Titre</i> |
|-----------------------------|--|---|---|--|---|---|---|
| 2005 Algoed & al | Essai clinique croisé randomisé | Evaluation comparative des performance de réalisation d'activités standardisées correspondant à des AVQ en laboratoire | Yamaha JWII commercialisé sous le nom "Quickie Xtender" | 15 utilisateurs de FRM tétraplégiques | <ul style="list-style-type: none"> tapis, lanières, rampes, bordures sont beaucoup plus faciles à franchir diminution de la fréquence cardiaque moyenne pas de différence force de l'assistance requise, réponses aux questions d'ergonomie et temps mis pour terminer les épreuves ne diffère pas | <ul style="list-style-type: none"> Pour les sujets atteints de tétraplégie, les PAPA ont le potentiel d'améliorer les capacités fonctionnelles au cours de certaines AVQ, en particulier lors de la montée des rampes, sur des surfaces inégales et sur des tapis épais | Effect of a Pushrim-Activated Power-Assist Wheelchair on the Functional Capabilities of Persons With Tetraplegia |
| 2006 Best & al | Essai clinique croisé randomisé | Evaluation comparative de la maniabilité en laboratoire entre FRM et Papaw pour réaliser les épreuves du WST | Alber E motion | 30 volontaires sains | <ul style="list-style-type: none"> pas de différence significative de maniabilité lors du WST | <ul style="list-style-type: none"> les tâches nécessitant un meilleur couple sont mieux réalisées avec le Papaw ; les tâches nécessitant une finesse de contrôle sont mieux réalisées avec le FRM | Comparison Between Performance With a Pushrim-Activated Power-Assisted Wheelchair and a Manual Wheelchair on the Wheelchair Skills Test |
| 2006 Love & al | Essai clinique non contrôlé non randomisé avec mesures répétées sur un seul participant | Sur 1 cas, évaluation comparative de la cinématique articulaire, de la mobilité objective et des paramètres CV ; observateur extérieur et monitoring FC ; trottoir en extérieur, pentes standardisées en environnement contrôlé | Yamaha JWII commercialisé sous le nom "Quickie Xtender" | 1 utilisateur de FRM de 37 ans souffrant de dystrophie fascio scapulo humérale congénitale | <ul style="list-style-type: none"> augmentation de la vitesse de déplacement pour la réalisation des épreuves diminution de l'effort physique et des mouvements de compensations par rapport à la propulsion en FRM | <ul style="list-style-type: none"> plus économe en énergie biomécaniquement avantageux et plus rapide que le FRM Pourrait-être un dispositif de mobilité approprié pour les personnes dépendantes en FRM qui ont une atteinte fonctionnelle des membres supérieurs comme la dystrophie fascio scapulo humérale. | Community Use of a Pushrim Activated Power-Assisted Wheelchair by an Individual With Facioscapulohumeral Muscular Dystrophy |
| 2008 Ding & al | Essai clinique croisé randomisé | Evaluation comparative randomisée en cross over entre FRM et Papaw : 2 semaines vs 2 semaines en situation écologique au domicile | Yamaha JWII commercialisé sous le nom "Quickie Xtender" | 15 utilisateurs de FRM tétraplégiques | <ul style="list-style-type: none"> Augmentation de la vitesse de déplacement avec le Papaw Pas de modification de la distance parcourue entre FRM et Papaw Pas de modification de la participation Pas de modification de la satisfaction et de l'impact psychosocial | <ul style="list-style-type: none"> Les PAPA pourraient être une option viable pour les personnes atteintes de tétraplégie, pour fournir une indépendance à la mobilité en particulier pour les activités de plein air. La préférence d'un utilisateur, le style de vie, les conditions physiques, les problèmes de transport et les facteurs environnementaux doivent être pris en compte lors de la prescription d'un tel appareil. | A Preliminary Study on the Impact of Pushrim-Activated Power-Assist Wheelchairs Among Individuals With Tetraplegia |
| 2008 Nash & al | Essai clinique croisé randomisé | Evaluation comparative entre FRM et Papaw sur performances, dépense énergétique et effort perçu chez des utilisateurs de FRM avec douleurs d'épaule lors d'un test en laboratoire sur banc d'essai | Alber E motion | 18 utilisateurs de FRM de 18-70 ans, paraplégiques ou tétraplégiques, avec douleurs d'épaule et utilisant un FRM | <ul style="list-style-type: none"> baisse significative de : VO₂, FC et Borg augmentation considérable des distances parcourues | <ul style="list-style-type: none"> L'utilisation d'un PAPA par des personnes atteintes de paraplégie et de tétraplégie ayant des douleurs à l'épaule réduit considérablement le coût énergétique et l'effort perçu par rapport à la propulsion manuelle en fauteuil roulant tout en augmentant considérablement la distance parcourue. | Power-assisted Wheels Ease Energy Costs and Perceptual Responses to Wheelchair Propulsion in Persons With Shoulder Pain and Spinal Cord Injury |
| 2009 Giesbrecht & al | Essai clinique en deux phases, l'une croisée randomisée et l'autre en groupes parallèles | Evaluation comparative entre PAPA et Fauteuil Roulant Electrique en crossover, randomisé, pendant une période de 3 semaines, suivi d'une 2ème période avec le deuxième dispositif | Alber E motion | 8 utilisateurs de FRE et de FRM au quotidien | <ul style="list-style-type: none"> pas de différence sur le nombre d'heures passées à participer à des activités amélioration de la sous-échelle de l'estime de soi du PIADS avec le Papaw amélioration importante pour la performance et la satisfaction en faveur du FRE | <ul style="list-style-type: none"> Les participants ont pu continuer à participer de manière indépendante à leurs activités communautaires en utilisant le Papaw, et ont donné des notes comparables de satisfaction et de performance entre le Papaw et le FRE. Pour certaines personnes nécessitant une aide à la propulsion, le Papaw peut fournir une alternative au FRE | Participation in Community-Based Activities of Daily Living: Comparison of a Pushrim-Activated, Power-Assisted Wheelchair and a Power Wheelchair |
| 2009 Lighthall-haubert & al | Essai clinique croisé randomisé | Evaluation comparative entre FRM et Papaw sur banc d'essai dynamométrique et ergométrique ; 3 conditions de propulsion: propulsion auto-sélectionnée libre et rapide et simulée à 4 ou 8% de résistance graduée. | Alber E motion | 14 utilisateurs de FRM tétraplégiques | <ul style="list-style-type: none"> diminution activité EMG et durée d'activation du gd pectoral, deltoïde antérieur et infra épineux ; diminue intensité et durée de la propulsion avec le supraépineux notamment à vitesse élevée ou résistance élevée | <ul style="list-style-type: none"> Pour les participants présentant une tétraplégie, l'activité musculaire de l'épaule diminue avec un Papaw comparé à la propulsion manuelle, suggérant une réduction des contraintes | Comparison of Shoulder Muscle Electromyographic Activity During Standard Manual Wheelchair and Push-Rim Activated Power Assisted Wheelchair Propulsion in Persons With Complete Tetraplegia |
| 2009 Tillman & al | Essai clinique croisé randomisé | Evaluation comparative entre FRM et Papaw sur la cinématique des membres supérieurs et du tronc après une utilisation prolongée et sur trois différentes surfaces | Non précisé | 19 utilisateurs de FRM sans trouble musculosquelettique | <ul style="list-style-type: none"> diminution de la flexion du coude après 8 semaines d'utilisation du Papaw par rapport par rapport à une utilisation de leur propre fauteuil roulant manuel et après un retour à leur propre fauteuil roulant pendant 4 semaines. augmentation de la cinématique angulaire des membres supérieurs lors de la montée de la rampe | <ul style="list-style-type: none"> diminution de la flexion du coude pendant la phase de récupération après une utilisation prolongée du Papaw. cette différence peut avoir une signification clinique. | Changes In Upper Extremity And Trunk Angular Kinematics During Power-assisted Wheelchair Use |

| Date et auteur | Design | Objectif | Dispositif(s) testé(s) | Population | Résultats concernant le Papaw | Conclusions des auteurs et perspectives | Titre |
|------------------------|---|---|--|--|---|---|---|
| 2010 Giaccobi & al | Essai clinique non randomisé avec mesures pré, per et post intervention | Entretiens qualitatifs avant, pendant et après l'utilisation d'un Papaw. Durée de 16 semaines dont 8 semaines avec Papaw entourées de 2 périodes pré et post interventionnelle de 4 semaines avec FRM seul. | Alber E motion | 20 utilisateurs de FRM toute cause confondue | <ul style="list-style-type: none"> • amélioration de la pratique de différents terrains, de la réalisation de nouvelles activités, des aspects sociaux / familiaux, de la fatigue ressentie et de la douleur avec le PAPA • encombrant et gênant pour certains participants en raison de difficultés de transport à l'intérieur et à l'extérieur d'un véhicule et de l'autonomie de la batterie trop limitée pour leurs besoins • amélioration de l'indépendance et des activités sociales | <ul style="list-style-type: none"> • suggèrent de tenir compte de l'environnement familial des utilisateurs et des conditions de vie avant de prescrire du fait d'un moindre intérêt dans certaines conditions | Wheelchair Users' Perceptions of and Experiences with Power Assist Wheels |
| 2010 Levy & al | Essai clinique non randomisé avec mesures pré, per et post intervention | Evaluation comparative entre FRM et Papaw en situation écologique sur 8 semaines encadrées par deux périodes de 4 semaines pré et post interventionnelles sans Papaw | Yamaha JWII commercialisé sous le nom "Quickie Xtender" | 20 utilisateurs de FRM paraplégiques et tétraplégiques | <ul style="list-style-type: none"> • augmente les distances parcourues par rapport aux distances de bases parcourues en FRM • impact positif réduit lorsqu'une plus grande distance de base est parcourue quotidiennement en préinterventionnel | <ul style="list-style-type: none"> • un PAPA permet aux utilisateurs de déambuler plus loin et au delà des distances habituelles sur une durée de plusieurs jours. • les nouvelles études devraient tenir compte d'une phase "d'ajustement" durant les deux premières semaines d'utilisation du PAPA | Use of Power Assist Wheels Results in Increased Distance Traveled Compared with Conventional Manual Wheeling |
| 2012, Kloosterman & al | Essai clinique croisé non randomisé | Evaluation comparative entre FRM et Papaw sur banc dynamométrique et électromyographique | Prototype néerlandais "Indes Holding BV" commercialisé sous le nom "Wheeldrive, Handicare B.V" | 9 volontaires sains | <ul style="list-style-type: none"> • fréquence de poussée non modifiée • diminution de la flexion maximale et de la rotation interne d'épaule • diminution des forces postérieures, latérales et supérieures appliquées à l'épaule • diminution de l'activation du grand pectoral, du deltoïde postérieur et du triceps brachial | <ul style="list-style-type: none"> • l'utilisation d'un Papaw chez des sujets sains modifie la cinématique de l'épaule et diminue les forces appliquées | Comparison of Shoulder Load During Power-Assisted and Purely Hand-Rim Wheelchair Propulsion |
| 2015 Guillon & al | Essai clinique croisé randomisé | Evaluation comparative entre FRM et 3 Papaw en 3 phases. Phase 1 : sur banc dynamométrique Phase 2 : essai intérieur et extérieur sur parcours Phase 3 : Transfert dans et hors de leur voiture | 3 dispositifs : Servomatic A et B et Alber E motion | 52 utilisateurs de FRM avec lésion de moelle épinière | <ul style="list-style-type: none"> • sur le dynamomètre, réduction de la consommation d'oxygène similaire entre les 3 PAPA par rapport au FRM, • sur le parcours extérieur, réduction significative de la FC • satisfaction du patient meilleure avec les Servomatics qu'avec le E-motion • sur parcours intérieur, le temps mis pour terminer le parcours est supérieur avec le E-motion par rapport aux autres FR et le nombre de mouvements de bras est supérieur avec le E-motion dans le groupe de patients de niveau T12-L1 • le transfert voiture était plus difficile avec les Papaw qu'avec le FRM | <ul style="list-style-type: none"> • des différences existent entre les Papaws • comparativement à l'E-motion, les deux Servomatics sont plus faciles à utiliser en extérieur • cependant se transférer à l'intérieur et à l'extérieur d'un véhicule est plus difficile avec les trois Papaws | Evaluation of 3 Pushrim-Activated Power-Assisted Wheelchairs in Patients With Spinal Cord Injury |
| 2015 Kloosterman & al | Essai clinique croisé randomisé | Evaluation comparative entre FRM et Papaw sur banc dynamométrique et électromyographique | Prototype néerlandais "Indes Holding BV" commercialisé sous le nom "Wheeldrive, Handicare B.V" | 11 utilisateurs de FRM | <ul style="list-style-type: none"> • Diminution de la force de propulsion maximale exercée sur le bord de la main • Diminution de l'abduction et de la rotation interne à l'épaule. • Diminution des forces de direction antérieure, des moments de rotation interne et de flexion • Augmentation considérable des forces de direction postérieure • Augmentation des forces de direction inférieures et du moment de rotation externe • Diminution de l'angle de course, de la flexion, de l'extension, de l'abduction et de la rotation interne de l'épaule. • Augmentation considérable de la fréquence des coups de bras • Diminution de l'activation musculaire du deltoïde antérieur et du grand pectoral | <ul style="list-style-type: none"> • La propulsion assistée semble efficace pour réduire les facteurs de risque potentiels de blessures dues à la surutilisation avec un gain le plus élevé sur la diminution des amplitudes des mouvements d'épaule, une force de propulsion maximale plus faible sur la main courante et la réduction de l'activité musculaire. | Effect of Power-Assisted Hand-Rim Wheelchair Propulsion on Shoulder Load in Experienced Wheelchair Users: A Pilot Study With an Instrumented Wheelchair |
| 2015 Pavlidou & al | Essai clinique croisé randomisé | Evaluation comparative entre FRM et Papaw de la cinématique et dynamométrie à 3 niveaux de gonflage de pneus et à 2 niveaux d'assistance différents sur banc dynamométrique | Prototype néerlandais "Indes Holding BV" commercialisé sous le nom "Wheeldrive, Handicare B.V" | 10 volontaires sains | <ul style="list-style-type: none"> • augmentation des résistances au roulement (force de traînée) lors du gonflage à 50%, par rapport aux conditions de gonflage de 75% et 100% • augmentation de la résistance au roulement (force de traînée) pour le Papaw • un niveau d'assistance supérieur augmente l'efficacité de la propulsion et diminue la dépense énergétique de l'utilisateur | <ul style="list-style-type: none"> • l'utilisation d'un Papaw est plus efficace et nécessite moins d'apport d'énergie par l'utilisateur, selon la puissance de l'assistance motrice fournie | Rolling Resistance and Propulsion Efficiency of Manual and Power-Assisted Wheelchairs |
| 2016 Kloosterman & al | Essai clinique croisé randomisé | Evaluation comparative entre FRM et Papaw de la cinématique et dynamométrie entre FRM et Papaw lors d'un test de démarrage sur terrain plat après une période de familiarisation à domicile | Non précisé | 11 utilisateurs de FRM | <ul style="list-style-type: none"> • diminution de la charge mécanique de l'épaule pendant la propulsion assistée concernant les forces de direction antérieure, postérieure, inférieure ainsi que pour l'abduction et le moment d'extension. • diminution de la force résultante maximale sur la roue accompagnée d'une diminution de l'abduction de l'épaule et d'une augmentation significative de l'extension de l'épaule lors du démarrage assisté | <ul style="list-style-type: none"> • les Papaw sont efficaces pour réduire la charge mécanique aux épaules et partiellement efficaces pour réduire l'importante force nécessaire pendant le démarrage. • L'utilisation de roues à assistance électrique pourrait réduire le risque de développer des complications dues à une surutilisation des épaules. | Exploration of Shoulder Load During Hand-Rim Wheelchair Start-Up With and Without Power-Assisted Propulsion in Experienced Wheelchair Users |

| <i>Date et auteur</i> | <i>Design</i> | <i>Objectif</i> | <i>Dispositif(s) testé(s)</i> | <i>Population</i> | <i>Résultats concernant le Papaw</i> | <i>Conclusions des auteurs et perspectives</i> | <i>Titre</i> |
|-----------------------|---|--|--------------------------------------|------------------------|---|--|--|
| 2017 Pradon & al | Essai clinique croisé randomisé | Evaluation comparative dynamométrique et des performances entre FRM et Papaw sur les paramètres biomécaniques du cycle de propulsion en FRM lors de déplacements sur route asphaltée grâce à une roue instrumentée | Permobil Smartdrive MX | 22 utilisateurs de FRM | <ul style="list-style-type: none"> • amélioration de la distance parcourue au cours du test de 6min en extérieur • diminution de paramètres biomécaniques durant la déambulation avec le Papaw : force tangentielle, force totale, puissance mécanique nécessaire | <ul style="list-style-type: none"> • Dans une situation similaire à un déplacement urbain la mobilité en autonomie est augmentée avec le Papaw avec une plus grande distance parcourue tout en réduisant l'effort nécessaire | Effect of the use of electric assistance on the propulsion of the manual wheelchair Smartdrive on the biomechanical parameters of the propulsion in ecological situation |
| 2017 Sawatzky & al | Essai clinique croisé randomisé | Evaluation de l'entraînement nécessaire pour maîtriser un Papaw en sécurité et comparaison de son impact sur la réalisation d'une course d'obstacles normalisée selon l'échelle WST par rapport à un FRM | Permobil Smartdrive MX | 11 utilisateurs de FRM | <ul style="list-style-type: none"> • une à deux séances de formation permet d'obtenir une sensation de maîtrise et de sécurité à l'utilisation d'un Papaw • certains participants ont eu des difficultés à changer de mode de propulsion et se sont mis en danger, notamment lors des descentes ou de survue d'obstacles • amélioration de la vitesse de réalisation de deux épreuves de la course d'obstacles avec le Papaw | <ul style="list-style-type: none"> • une formation limitée permet aux utilisateurs d'un Papaw de se sentir en sécurité avec le dispositif • amélioration de la performance de réalisation de certaines tâches de mobilité • nécessité de recherches complémentaires pour évaluer l'effet d'une utilisation en situation écologique à long terme • certains problèmes de sécurité sont notés notamment dans les pentes ou face à des obstacles, malgré le sentiment de sécurité rapporté par les utilisateurs • pas de modification de la confiance envers le Papaw ne semble pas affecter la confiance de l'utilisateur envers son FRM • amélioration de la vitesse de réalisation de certaines tâches de mobilité • augmentation du nombre d'activités réalisable par l'utilisateur comparativement au FRM | Learning to use a rear-mounted power assist for manual wheelchairs |
| 2018 Klerk & al | Essai clinique croisé randomisé | Evaluation comparative entre FRM et Papaw sur l'amélioration des performances en laboratoire sur banc d'essai pendant et après plusieurs périodes d'entraînement | Alber Twion | 34 volontaires sains | <ul style="list-style-type: none"> • amélioration de l'efficacité mécanique dans les deux groupes • réduction du nombre de poussées, de la déviation droite-gauche et avant-arrière sur le tapis roulant dans les deux groupes • diminution progressive de l'effort perçu (RPE) • amélioration du rendement mécanique avec le Papaw • diminution de l'effort perçu (RPE) avec le Papaw • aggravation cependant de la déviation gauche-droite et avant-arrière dans le groupe PAPA | <ul style="list-style-type: none"> • dans les deux groupes le coût énergétique de la propulsion peut être réduit en réduisant l'intensité de la propulsion chez les utilisateurs novices. • Le PAPA est plus efficace énergétiquement que le FRM étant donné les besoins énergétiques réduits de l'utilisateur grâce à l'assistance, mais il est plus difficile à contrôler • Les futures études sur les PAPA devraient se concentrer sur l'évaluation du contrôle de l'utilisateur et son interaction avec la technologie d'assistance électrique. | Practice-based Skill Acquisition of Pushrim-Activated Power-Assisted Wheelchair Propulsion Versus Regular Handrim Propulsion in Novices |
| 2017 Wong S & al | Essai clinique croisé randomisé | Evaluation comparative de la force nécessaire pour démarrer un FRM selon l'entraînement de l'utilisateur et de la force nécessaire pour arrêter un fauteuil à différentes vitesses de tapis roulant avec et sans Papaw | Permobil Smartdrive MX | 24 volontaires sains | <ul style="list-style-type: none"> • pas de modification de la force de démarrage avec le Papaw • pas de modification de la vitesse de poussée • raccourcissement de la distance d'arrêt absolue sur tapis roulant • réduction de la force d'arrêt nécessaire | <ul style="list-style-type: none"> • Compte-tenu de la distance d'arrêt plus courte et de la force nécessaire plus faible, le Papaw semble être une option viable pour les utilisateurs ayant une diminution de force aux MS | Starting and stopping kinetics of a rear mounted power assist for manual wheelchairs |
| 2020 Wiczorek & al | Essai clinique non contrôlé non randomisé avec mesures répétées | Evaluation comparative en laboratoire de l'impact d'un Papaw sur la cinématique articulaire des membres supérieurs lors de la montée d'une pente | Prototype Golden Motor BLCD MagicPie | 3 volontaires sains | <ul style="list-style-type: none"> • tests effectués à différentes valeurs d'assistance et de coefficient d'amplification • diminution de la vitesse de montée avec le Papaw • diminution du nombre de mouvements de bras nécessaires pour gravir la côte avec le Papaw | <ul style="list-style-type: none"> • Impact bénéfique du Papaw sur la cinématique de propulsion du FRM lors de la traversée d'une pente. • Corrélation entre l'assistance et le coefficient d'amplification d'assistance avec les conditions de fonctionnement et les caractéristiques individuelles de l'utilisateur | Impact of a Hybrid Assisted Wheelchair Propulsion System on Motion Kinematics during Climbing up a Slope |

4.2 Annexe 02

Questionnaire « Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand »



Questionnaire Dash-Membre supérieur

© 2000 IWH reproduit avec l'aimable autorisation des auteurs
Téléchargeable sur internet à http://www.dash.iwh.on.ca/assets/images/pdfs/DASH_French.pdf
Version abrégée du QuickDASH téléchargeable à
http://www.dash.iwh.on.ca/assets/images/pdfs/QuickDASH_parisian.pdf

Développé par :

- *American Academy of Orthopedic Surgeons*
- *Institute for Work and Health, Toronto*
- *American Society for Surgery of The Hand*
- *American Orthopaedic Society for Sports Medicine*
- *American Shoulder and Elbow Surgeons*
- *Arthroscopy Association of North America*
- *American Society of Plastic and Reconstructive Surgeons.*

► **La Date d'aujourd'hui :** ... / ... / ...

Merci de compléter ce questionnaire !

Ce questionnaire va nous aider pour apprécier votre état de santé général et vos problèmes musculo-articulaires en particulier.

C'est à vous de remplir ce questionnaire. Ce n'est pas obligatoire et les réponses resteront strictement confidentielles dans votre dossier médical.

Veillez répondre à toutes les questions. Certaines se ressemblent, mais toutes sont différentes.

Il n'y a pas de réponses justes ou fausses. Si vous hésitez, donnez la réponse qui vous semble la plus adaptée. Vous pouvez faire des commentaires dans la marge. Nous lirons tous vos commentaires, aussi n'hésitez pas à en faire autant que vous le souhaitez.

► **Instructions au patient**

Ce questionnaire s'intéresse à ce que vous ressentez et à vos possibilités d'accomplir certaines activités. Veuillez répondre à toutes les questions en considérant vos possibilités au cours des 7 derniers jours. Si vous n'avez pas eu l'occasion de pratiquer certaines activités au cours des 7 derniers jours, veuillez entourer la réponse qui vous semble la plus exacte si vous aviez dû faire cette tâche. Le côté n'a pas d'importance. Veuillez répondre en fonction du résultat final, sans tenir compte de la façon dont vous y arrivez.

► **Capacité à réaliser les activités suivantes**

Veillez évaluer votre capacité à réaliser les activités suivantes au cours des 7 derniers jours.
(Entourez une seule réponse par ligne.)

| | Aucune difficulté | Difficulté légère | Difficulté moyenne | Difficulté importante | Impossible |
|---|----------------------|----------------------|-----------------------|--------------------------|------------|
| 1. Dévisser un couvercle serré ou neuf | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 2. Écrire | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 3. Tourner une clé dans une serrure | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 4. Préparer un repas | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 5. Ouvrir un portail ou une lourde porte en la poussant | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 6. Placer un objet sur une étagère au-dessus de votre tête | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 7. Effectuer des tâches ménagères lourdes (nettoyage des sols ou des murs) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 8. Jardiner, s'occuper des plantes (fleurs et arbustes) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 9. Faire un lit | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 10. Porter des sacs de provisions ou une mallette | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 11. Porter un objet lourd (supérieur à 5 Kg) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 12. Changer une ampoule en hauteur | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 13. Se laver ou se sécher les cheveux | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 14. Se laver le dos | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 15. Enfiler un pull-over | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 16. Couper la nourriture avec un couteau | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 17. Activités de loisir sans gros effort (jouer aux cartes, tricoter, etc.) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 18. Activités de loisirs nécessitant une certaine force ou avec des chocs au niveau de l'épaule du bras ou de la main (bricolage, tennis, golf, etc.) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 19. Activités de loisirs nécessitant toute liberté de mouvement (badminton, lancer de balle, pêche, Frisbee, etc.) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 20. Déplacements (transports) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 21. Vie sexuelle | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

22. Pendant les 7 derniers jours, à quel point votre épaule, votre bras ou votre main a-t-elle gêné vos relations avec votre famille, vos amis ou vos voisins ? (entourez une seule réponse)

1 Pas du tout 2 légèrement 3 moyennement 4 beaucoup 5 extrêmement

23. Avez-vous été limité dans votre travail ou une de vos activités quotidiennes habituelles du fait (en raison, par) de problèmes à votre épaule, votre bras ou votre main ? (entourez une seule réponse)

1 Pas du tout limité 2 légèrement limité 3 moyennement limité 4 Très limité 5 incapable

► **Sévérité des symptômes**

Veillez évaluer la sévérité des symptômes suivants **durant les 7 derniers jours** (entourez une réponse sur chacune des lignes)

| | Aucune | légère | moyenne | importante | extrême |
|--|--------|--------|---------|------------|---------|
| 24. Douleur de l'épaule, du bras ou de la main | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 25. Douleur de l'épaule, du bras ou de la main en pratiquant une activité particulière Précisez cette activité : | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 26. Picotements ou fourmillements douloureux de l'épaule, du bras ou de la main | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 27. Faiblesse du bras, de l'épaule ou de la main | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 28. Raideur du bras, de l'épaule ou de la main | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

29. Pendant les 7 derniers jours, votre sommeil a-t-il été perturbé par une douleur de votre épaule, de votre bras ou de votre main ? (entourez une seule réponse)

1 Pas du tout 2 un peu 3 moyennement 4 Très perturbé 5 insomnie complète

30. « Je me sens moins capable, moins confiant ou moins utile à cause du problème de mon épaule, de mon bras ou de ma main »

1 Pas du tout d'accord 2 Pas d'accord 3 Ni d'accord ni pas d'accord 4 D'accord 5 Tout à fait d'accord

► **Méthode de calcul**

Le score global se présente sous la forme d'un score sur 100 par la méthode de calcul suivante :

$$\frac{[(\text{somme des } n \text{ réponses}) - 1]}{n} \times 25$$

Le score n'est valide que dans la mesure où 90% des questions ont été renseignées par le patient (soit 3 valeurs manquantes au plus).

Pour plus de précisions sur la méthode de calcul, vous pouvez consulter le lien suivant :

<http://www.dash.iwh.on.ca/assets/images/pdfs/score.pdf>

► **Gêne occasionnée lorsque vous jouez d'un instrument ou que vous pratiquez un sport**

Les questions suivantes concernent la gêne occasionnée par votre épaule, votre bras ou votre main lorsque vous jouez d'un instrument ou que vous pratiquez un sport ou les deux. Si vous pratiquez plusieurs sports ou plusieurs instruments (ou les deux), vous êtes priés de répondre en fonction de l'activité qui est la plus importante pour vous.

Indiquez le sport ou l'instrument qui est le plus important pour vous :

Entourez 1 seule réponse par ligne, considérant vos possibilités durant les 7 derniers jours. Avez-vous eu des difficultés ? :

| | Aucune difficulté | Difficulté légère | Difficulté moyenne | Difficulté importante | Impossible |
|--|-------------------|-------------------|--------------------|-----------------------|------------|
| Pour pratiquer votre sport ou jouer de votre instrument avec votre technique habituelle | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Pour pratiquer votre sport ou jouer de votre instrument à cause des douleurs de votre épaule, de votre bras ou de votre main | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Pour pratiquer votre sport ou jouer de votre instrument aussi bien que vous le souhaitez | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Pour passer le temps habituel à pratiquer votre sport ou jouer de votre instrument | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

► **Gêne occasionnée au cours de votre travail**

Les questions suivantes concernent la gêne occasionnée par votre épaule, votre bras ou votre main au cours de votre travail.

Entourez la réponse qui, sur chacune des lignes, décrit le plus précisément vos possibilités durant les 7 derniers jours.

Si vous n'avez pas pu travailler pendant cette période, considérez comme « impossible » les quatre propositions suivantes :

Avez-vous eu des difficultés ? :

| | Aucune difficulté | Difficulté légère | Difficulté moyenne | Difficulté importante | Impossible |
|--|-------------------|-------------------|--------------------|-----------------------|------------|
| Pour travailler en utilisant votre technique habituelle | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Pour travailler comme d'habitude à cause de la douleur de votre épaule, de votre bras ou de votre main | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Pour travailler aussi bien que vous le souhaitez | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Pour passer le temps habituellement consacré à votre travail | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

4.3 Annexe 03

Echelles de Borg (RPE : Rating of Perceived Exertion) originale et modifiée : les évaluations ont été menées à l'aide de l'échelle originale visible à gauche

| BORG 6-20 original | BORG 1-10 modifié | % FC maximale | Perception | Activité |
|--------------------|-------------------|---------------|------------------|---------------|
| 6 | 0 | 50-60% | très très facile | repos |
| 7 | | | | |
| 8 | | | | |
| 9 | 1 | | très facile | marche |
| 10 | 2 | 60-70% | assez facile | léger jogging |
| 11 | | | | |
| 12 | 3 | 70-80% | un peu dur | jogging |
| 13 | | | | |
| 14 | | | | |
| 15 | 5 | 80-90% | dur | |
| 16 | 6 | | | seuil |
| 17 | 7 | 90-95% | très dur | |
| 18 | 8 | | | intervalles |
| 19 | 9 | 95-100% | très très dur | |
| 20 | 10 | | | |

4.4 Annexe 04

Wheelchair Skills Test Version 4.3 et liste des 22 items retenus pour l'évaluation du dispositif (en couleur : 1 à 6, 12 à 25 et 28 à 29)

| # | Habilité individuelle | Capacité (0-2) | Commentaires |
|---------------|---|----------------|--------------|
| 1 | Se déplacer vers l'avant sur une courte distance | | |
| 2 | Se déplacer à reculons sur une courte distance | | |
| 3 | Pivoter sur place | | |
| 4 | Faire un virage en se déplaçant vers l'avant | | |
| 5 | Faire un virage en se déplaçant à reculons | | |
| 6 | Manceuvrer le fauteuil roulant latéralement | | |
| 7 | Atteindre un objet élevé | | |
| 8 | Ramasser un objet au sol | | |
| 9 | Diminuer la pression exercée sur le siège | | |
| 10 | Utiliser les options de positionnement du corps | | |
| 11 | Se transférer à partir du fauteuil roulant vers un banc et d'un banc vers le fauteuil roulant | | |
| 12 | Plier et déplier le fauteuil roulant | | |
| 13 | Franchir une porte avec charnières | | |
| 14 | Se déplacer sur une plus longue distance | | |
| 15 | Éviter les obstacles en mouvement | | |
| 16 | Monter une légère pente | | |
| 17 | Descendre une légère pente | | |
| 18 | Monter une pente abrupte | | |
| 19 | Descendre une pente abrupte | | |
| 20 | Rouler sur une pente inclinée latéralement | | |
| 21 | Rouler sur une surface molle | | |
| 22 | Franchir un seuil de porte | | |
| 23 | Franchir un trou | | |
| 24 | Monter un dénivellement | | |
| 25 | Descendre un dénivellement | | |
| 26 | Monter une bordure de trottoir | | |
| 27 | Descendre une bordure de trottoir | | |
| 28 | Se tenir en équilibre stationnaire sur les roues arrière | | |
| 29 | Pivoter sur place en équilibre sur les roues arrière | | |
| 30 | Descendre une bordure de trottoir en équilibre sur les roues arrière | | |
| 31 | Descendre une pente abrupte en équilibre sur les roues arrière | | |
| 32 | Se hisser dans le fauteuil roulant à partir du sol | | |
| 33 | Monter des marches | | |
| 34 | Descendre des marches | | |
| Score total : | | % | |

4.5 Annexe 05

Questionnaire « Evaluation de la Satisfaction envers une Aide Technique » ESAT
version 2.0

Évaluation de la Satisfaction envers une Aide Technique

ÉSAT (Version 2.0)

Aide technique: _____

Nom de l'utilisateur: _____

Date : _____

Le questionnaire ÉSAT a pour but d'évaluer votre satisfaction envers votre aide technique et les services qui y sont rattachés. Le questionnaire comprend 12 énoncés de satisfaction.

- Pour chacun des 12 énoncés, nous vous demandons d'indiquer votre degré de satisfaction sur une échelle de 1 à 5.

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-----------------------------|------------------|-------------------------------|-----------------------|----------------------|
| Pas satisfait(e) du tout | Peu satisfait(e) | Plus ou moins satisfait(e) | Assez satisfait(e) | Très satisfait(e) |

- Encerchez le chiffre qui décrit le mieux votre degré de satisfaction pour chacune des 12 énoncés.
- S'il-vous-plaît, répondez à toutes les questions.
- Si vous n'êtes pas tout à fait satisfait(e) de certains aspects mentionnés dans les questions, inscrivez vos commentaires dans l'espace prévu.

Merci.

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-----------------------------|------------------|-------------------------------|-----------------------|----------------------|
| Pas satisfait(e) du tout | Peu satisfait(e) | Plus ou moins satisfait(e) | Assez satisfait(e) | Très satisfait(e) |

| TECHNOLOGIE | | | | | | |
|--|--|---|---|---|---|---|
| <i>Dans quelle mesure êtes-vous satisfait(e),</i> | | | | | | |
| 1. des dimensions (grandeur, hauteur, longueur, largeur) de votre aide technique? <i>Commentaires:</i> | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 2. du poids de votre aide technique? <i>Commentaires:</i> | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 3. de la facilité d'ajustement (fixation, réglage) des différentes parties de votre aide technique? <i>Commentaires:</i> | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 4. de l'aspect sécuritaire de votre aide technique? <i>Commentaires:</i> | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 5. de la solidité (durabilité, résistance à l'usure) de votre aide technique? <i>Commentaires:</i> | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 6. de la facilité d'utilisation de votre aide technique? <i>Commentaires:</i> | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 7. du confort de votre aide technique? <i>Commentaires:</i> | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 8. de l' efficacité de votre aide technique pour répondre à vos besoins? <i>Commentaires:</i> | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-----------------------------|------------------|-------------------------------|-----------------------|----------------------|
| Pas satisfait(e) du tout | Peu satisfait(e) | Plus ou moins satisfait(e) | Assez satisfait(e) | Très satisfait(e) |

| SERVICES | |
|--|-----------|
| <i>Dans quelle mesure êtes-vous satisfait(e),</i> | |
| 9. des procédures (programme d'attribution, procédure, durée d'attente) par lesquelles vous avez obtenu votre aide technique? <i>Commentaires:</i> | 1 2 3 4 5 |
| 10. du service de réparation et d'entretien de votre aide technique? <i>Commentaires:</i> | 1 2 3 4 5 |
| 11. de la qualité des services professionnels (information, attention) accordés pour pouvoir utiliser votre aide technique? <i>Commentaires:</i> | 1 2 3 4 5 |
| 12. des services de suivi que vous avez reçus pour votre aide technique? <i>Commentaires:</i> | 1 2 3 4 5 |

- Vous avez ci-dessous la liste des 12 énoncés de satisfaction auxquels vous venez de répondre. **CHOISISSEZ LES TROIS ÉNONCÉS** qui sont les plus importants pour vous. Inscrivez un X dans les **trois cases** qui correspondent à votre choix.

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> 1. Dimensions | <input type="checkbox"/> 7. Confort |
| <input type="checkbox"/> 2. Poids | <input type="checkbox"/> 8. Efficacité |
| <input type="checkbox"/> 3. Ajustements | <input type="checkbox"/> 9. Procédure d'attribution |
| <input type="checkbox"/> 4. Sécurité | <input type="checkbox"/> 10. Services de réparation et d'entretien |
| <input type="checkbox"/> 5. Solidité | <input type="checkbox"/> 11. Service professionnel |
| <input type="checkbox"/> 6. Facilité d'utilisation | <input type="checkbox"/> 12. Services de suivi |

ÉSAT
Feuille de cotation

Cette page est réservée pour calculer le pointage de vos réponses.
NE PAS ÉCRIRE SUR CETTE PAGE.

- Nombre de réponses non valides _____

- Total de la sous-échelle **Technologie** _____
Additionnez les points des énoncés 1 à 8 et divisez cette somme par le nombre d'énoncés valides.

- Total de la sous-échelle **Services** _____
Additionnez les points des énoncés 9 à 12 et divisez cette somme par le nombre d'énoncés valides.

- Score ÉSAT total _____
Additionnez les points des énoncés 1 à 12 et divisez cette somme par le nombre d'énoncés valides.

- Les trois plus importants énoncés de satisfaction sont:

| |
|-------|
| _____ |
| _____ |
| _____ |

4.6 Annexe 06

Questionnaire de santé SF-36

1. Dans l'ensemble, pensez-vous que votre santé est : (entourez la bonne réponse)

| | |
|------------|---|
| Excellente | 1 |
| Très bonne | 2 |
| Bonne | 3 |
| Médiocre | 4 |
| Mauvaise | 5 |

2. Par rapport à l'année dernière à la même époque, comment trouvez-vous votre état de santé en ce moment ? (entourez la réponse de votre choix)

| | |
|--------------------------------|---|
| Bien meilleur que l'an dernier | 1 |
| Plutôt meilleur | 2 |
| A peu près pareil | 3 |
| Plutôt moins bon | 4 |
| Beaucoup moins bon | 5 |

3. Au cours de ces 4 dernières semaines, et en raison de votre état physique (Entourez la réponse de votre choix, une par ligne)

| | Oui | Non |
|---|-----|-----|
| a. Avez-vous réduit le temps passé à votre travail ou à vos activités habituelles | 1 | 2 |
| b. Avez-vous accompli moins de choses que vous auriez souhaité ? | 1 | 2 |
| c. Avez-vous du arrêter de faire certaines choses ? | 1 | 2 |
| d. Avez-vous eu des difficultés à faire votre travail ou toute autre activité ? (par exemple, cela vous a demandé un effort supplémentaire) | 1 | 2 |

4. Au cours de ces 4 dernières semaines, et en raison de votre état émotionnel (comme vous sentir triste, nerveux(se) ou déprimé(e)) (Entourez la réponse de votre choix, une par ligne)

| | Oui | Non |
|---|-----|-----|
| a. Avez-vous réduit le temps passé à votre travail ou à vos activités habituelles | 1 | 2 |
| b. Avez-vous accompli moins de choses que vous auriez souhaité ? | 1 | 2 |
| c. Avez-vous eu des difficultés à faire votre travail ou toute autre activité ? (par exemple, cela vous a demandé un effort supplémentaire) | 1 | 2 |

5. **Au cours de ces 4 dernières semaines dans quelle mesure votre état de santé, physique ou émotionnel, vous a-t-il gêné dans votre vie sociale et vos relations avec les autres, votre famille, vos connaissances**
(Entourez la réponse de votre choix)

| | |
|--------------|---|
| Pas du tout | 1 |
| Un petit peu | 2 |
| Moyennement | 3 |
| Beaucoup | 4 |
| Enormément | 5 |

6. **Au cours de ces 4 dernières semaines, quelle a été l'intensité de vos douleurs (physiques) ?** (Entourez la réponse de votre choix)

| | |
|-------------|---|
| Nulle | 1 |
| Très faible | 2 |
| Faible | 3 |
| Moyenne | 4 |
| Grande | 5 |
| Très grande | 6 |

7. **Au cours de ces 4 dernières semaines, dans quelle mesure vos douleurs physiques vous ont-elles limité(e) dans votre travail ou vos activités domestiques ?** (Entourez la réponse de votre choix)

| | |
|--------------|---|
| Pas du tout | 1 |
| Un petit peu | 2 |
| Moyennement | 3 |
| Beaucoup | 4 |
| Enormément | 5 |

8. **Au cours de ces 4 dernières semaines ; y a-t-il eu des moments où votre état de santé ou émotionnel, vous a gêné dans votre vie et vos relations avec les autres, votre famille, vos amis, vos connaissances ?** (Entourez la réponse de votre choix)

| | |
|---------------------------|---|
| En permanence | 1 |
| Une bonne partie du temps | 2 |
| De temps en temps | 3 |
| Rarement | 4 |
| Jamais | 5 |

9. Voici une liste d'activités que vous pouvez avoir à faire dans votre vie de tous les jours. Pour chacune d'entre elles indiquez si vous êtes limit(e) en raison de votre état de santé actuel. (Entourez la réponse de votre choix, une par ligne)

| Liste d'activités | Oui, beaucoup limit(e) | Oui, un peu limit(e) | Non, pas du tout limit(e) |
|---|------------------------|----------------------|---------------------------|
| a. Efforts physiques importants tels que courir, soulever un objet lourd, faire du sport | 1 | 2 | 3 |
| b. Efforts physiques modérés tels que déplacer une table, passer l'aspirateur, jouer aux boules | 1 | 2 | 3 |
| c. Soulever et porter des courses | 1 | 2 | 3 |
| d. Monter plusieurs étages par l'escalier | 1 | 2 | 3 |
| e. Monter un étage par escalier | 1 | 2 | 3 |
| f. se pencher en avant, se mettre à genoux, s'accroupir | 1 | 2 | 3 |
| g. Marcher plus d'un km à pied | 1 | 2 | 3 |
| h. Marcher plusieurs centaines de mètres | 1 | 2 | 3 |
| i. Marcher une centaine de mètres | 1 | 2 | 3 |
| j. Prendre un bain, une douche ou s'habiller | 1 | 2 | 3 |

10. Les questions qui suivent portent sur comment vous vous êtes senti(e) au cours de ces 4 dernières semaines. Pour chaque question, veuillez indiquer la réponse qui vous semble la plus appropriée. Au cours de ces 4 dernières semaines, y a-t-il eu des moments où : (Entourez la réponse de votre choix, une par ligne)

| Liste d'activités | En permanence | Très souvent | Souvent | Quelques fois | Rarement | Jamais |
|---|---------------|--------------|---------|---------------|----------|--------|
| a. vous vous êtes senti(e) dynamique ? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| b. vous vous êtes senti(e) très nerveux(se) ? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| c. Vous vous êtes senti(e) si découragé(e) que rien ne pouvait vous remonter le moral | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| d. vous vous êtes senti(e) calme et détendu(e) ? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| e. vous vous êtes senti(e) débordant(e) d'énergie ? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| f. vous vous êtes senti(e) triste et abattu(e) ? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| g. vous vous êtes senti(e) épuisé(e) ? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| h. vous vous êtes senti(e) heureux(e) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| i. vous vous êtes senti(e) fatigué(e) ? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |

11. Indiquez pour chacune des phrases suivantes dans quelle mesure elles sont vraies ou fausses dans votre cas :
 (Entourez la réponse de votre choix, une par ligne)

| Liste d'activités | Totalement vrai | Plutôt vrai | Je ne sais pas | Plutôt fausse | Totalement fausse |
|---|-----------------|-------------|----------------|---------------|-------------------|
| a. je tombe malade plus facilement que les autres | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| b. je me porte aussi bien que n'importe qui | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| c. je m'attends à ce que ma santé se dégrade | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| d. je suis en excellent santé | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

VU

NANCY, le **07 septembre 2020**

Le Président de Thèse

NANCY, le **07 septembre 2020**

Le Doyen de la Faculté de Médecine

Professeur Jean PAYSANT

Professeur Marc BRAUN

AUTORISE À SOUTENIR ET À IMPRIMER LA THÈSE/ **11403C**

NANCY, le **24 septembre 2020**

LE PRÉSIDENT DE L'UNIVERSITÉ DE LORRAINE,

Professeur Pierre MUTZENHARDT

RÉSUMÉ DE LA THÈSE

Introduction : Conçu pour améliorer la qualité de vie des personnes atteintes d'un handicap à la mobilité, le fauteuil roulant manuel est la solution technique la plus utilisée dans le monde. Son intérêt est limité par des facteurs externes comme l'apparition de comorbidités secondaires, le passage à un fauteuil électrique entraînant lui aussi des conséquences négatives. Innovations récentes, les dispositifs d'assistance électrique à la propulsion (AEP) installables sur les fauteuils roulants manuels pourraient représenter une solution. Les premiers types d'AEP nommés « roues motorisées » sont reconnus comme améliorant l'effort perçu, les paramètres mécaniques et cardiovasculaires lors de la propulsion, leur utilisation est limitée et n'a pas montré d'impact significatif à domicile. Un nouveau type de dispositif d'assistance peu étudié, dit « 3^e roue centrale » pourrait entraîner une amélioration sur ces critères.

Méthodes : Une étude randomisée en plan croisé en deux phases a été réalisée. L'objectif était d'évaluer en laboratoire l'effort perçu à la propulsion, les contraintes mécaniques et cardiovasculaires et l'habileté à manier le fauteuil. Dans un deuxième temps une évaluation à domicile de la mobilité, de la satisfaction et de la qualité de vie a été menée.

Résultats :

En laboratoire, l'effort perçu, les contraintes mécaniques et cardiovasculaires diminuent ($p < 0,001$) sans différence significative sur la maniabilité ($p = 0,12$). A domicile, la mobilité, la satisfaction et la qualité de vie ne sont pas significativement modifiées ($p > 0,9$) malgré des chiffres en faveur d'une plus grande mobilité.

Conclusion : Ce nouveau type d'assistance améliore l'effort perçu et les paramètres cardiovasculaires et mécaniques liés à la propulsion sans variation significative de la maniabilité. Il pourrait représenter une innovation technique intéressante par rapport aux anciens dispositifs. Néanmoins, l'impact à domicile sur la mobilité et la qualité de vie mériterait plus d'investigations au regard des limites de la technologie actuelle et des outils de mesure trop peu spécifiques.

TITRE EN ANGLAIS: Hybrid wheelchairs, an added value for performance or for participation and quality of life?

THÈSE : MÉDECINE SPÉCIALISÉE - MEDECINE PHYSIQUE ET DE READAPTATION – ANNÉE 2020

MOTS CLEFS : Wheelchair, Power Assist, Electric assist, Rate of Perceived Exertion, Borg, Mobility, Satisfaction, Quality of Life

INTITULÉ ET ADRESSE :

UNIVERSITÉ DE LORRAINE

Faculté de Médecine de Nancy

9, avenue de la Forêt de Haye

54505 VANDOEUVRE LES NANCY Cedex
