



HAL
open science

Intérêt de la robotique dans la rééducation fonctionnelle du membre supérieur chez les patients victimes d'un accident vasculaire cérébral

Éric Le Corre

► **To cite this version:**

Éric Le Corre. Intérêt de la robotique dans la rééducation fonctionnelle du membre supérieur chez les patients victimes d'un accident vasculaire cérébral. Sciences du Vivant [q-bio]. 2020. dumas-03021872

HAL Id: dumas-03021872

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03021872>

Submitted on 24 Nov 2020

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

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



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



INSTITUT DE FORMATION EN MASSO KINESITHERAPIE

22 avenue Camille Desmoulins

29238 BREST CEDEX 3

**Intérêt de la robotique dans la
rééducation fonctionnelle du membre
supérieur chez les patients victimes
d'un accident vasculaire cérébral**

LE CORRE Eric

En vue de l'obtention du diplôme de masseur-kinésithérapeute

Promotion 2016 – 2020

Juin 2020

Remerciements

Je souhaite remercier :

- Maxime Poirier, mon directeur de mémoire, pour ses conseils avisés et son investissement,
- Marc Le Roy, mon référent pédagogique, pour ses conseils sur la méthodologie,
- Ma famille, pour le soutien qu'elle m'a toujours apporté, en particulier ma maman qui a toujours été présente,
- Laurie Lesuire, pour son soutien et son réconfort, ses encouragements, ses conseils avisés et sa joie de vivre,
- Titouan Baron, pour son soutien, son investissement et son aide dans la syntaxe,
- Morgane Beeuwsaert, pour son soutien dans les moments difficiles et sa joie de vivre,
- Henri Giles et Gwendal Avignon, pour leurs conseils avisés pendant mes études,
- Et l'ensemble de mes amis qui ont toujours répondu présent.

Sommaire

I INTRODUCTION	1
I.1 Situation d’ancrage	1
I.2 Questionnement	2
II L’ACCIDENT VASCULAIRE CEREBRAL.....	3
II.1 Etiologies	3
II.2 Physiopathologie de l’AVC	3
II.3 Epidémiologie	5
II.4 Facteurs de risque	7
II.5 Hémiplégie.....	7
II.6 Recommandations sur la prise en charge en Kinésithérapie	8
II.7 Pronostic de récupération	9
II.8 Recommandations actuelles en matière de rééducation du membre supérieur chez le patient post-AVC	10
III LA ROBOTIQUE AU SERVICE DE LA SANTE	12
III.1 Concept général	12
III.2 Application à la rééducation	13
IV PROBLEMATIQUE.....	14
IV.1 Hypothèses de recherche.....	15
V MATERIEL ET METHODE.....	15
V.1 Bases de données consultées	16
V.2 Processus de sélection des articles	16
V.3 Critères de sélection des articles	17
V.4 Validité des articles choisis	19
V.5 Extraction des données.....	20
V.6 Rédaction de la bibliographie	20
V.7 Biais	21
V.8 Synthèse du processus de sélection.....	22
VI RESULTATS.....	23
IV.1.Caractéristiques générales des articles inclus dans la revue de littérature ..	24
IV.2 Interventions utilisées	25
IV.3 Tests utilisés dans les études incluses	37

IV.4 Résultats des articles inclus	42
VII ANALYSE DES RESULTATS	46
VII.1 Revues de littérature	46
VII.2 Essais contrôlés randomisés	47
VII.3 Retour sur les hypothèses.....	51
VIII DISCUSSION	54
IX CONCLUSION	57
X BIBLIOGRAPHIE	58
ANNEXES	

I Introduction

I.1 Situation d'ancrage

Mon parcours de stage dans le domaine de la neurologie a débuté par un premier stage en rééducation fonctionnelle en neurologie sur le plateau technique de l'hôpital Morvan à BREST, puis un deuxième stage en rééducation fonctionnelle sur le plateau technique de l'hôpital Laennec à QUIMPER lors de la deuxième année de ma formation.

Lors de ces stages, j'ai pu observer la prise en charge de multiples pathologies par les professionnels du service : Maladie de Parkinson, Patient traumatisé crânien, Sclérose en plaque, syndrome de Guillain-Barré, Accidents Vasculaires Cérébraux, pour les plus récurrentes.

Nous n'avions pas encore reçu les enseignements sur la neurologie et ce furent mes premières expériences avec des patients atteints de pathologies neurologiques.

J'ai alors été surpris de voir les incapacités dont souffraient ces patients, leurs moyens de compensations et la façon de les prendre en charge avec des objectifs particuliers par rapport aux rééducations précédemment vues en cours. De même, les rééducations auxquelles j'ai pu assister en stage auparavant, avaient majoritairement des objectifs à priorité motrice, dans un premier temps, alors que dans le domaine de la neurologie, il est important d'aborder le plan fonctionnel de façon précoce.

Dans un second temps, lors de mon stage sur le plateau de rééducation de QUIMPER, j'ai pu prendre en charge sous supervision de mon tuteur plusieurs patients, fort de mon expérience passée. De plus, nous avons alors débuté les enseignements sur certains outils de rééducation en neurologie : la méthode de KABAT(1), le concept BOBATH(2) et la méthode PERFETTI(3). La pathologie la plus récurrente s'avérait alors être l'accident vasculaire cérébrale et la rééducation de l'hémiplégie qui en découle.

Une particularité de ce type de prise en charge m'a particulièrement surpris, en effet, malgré tous les progrès scientifiques et technologiques de notre époque, le pronostic de récupération motrice et fonctionnelle du membre supérieur reste faible.

Je me suis alors interrogé s'il pouvait exister des techniques comprenant l'utilisation de nouvelles technologies ou outils utilisables lors de rééducations du membre supérieur hémiplégique afin d'améliorer son pronostic de récupération fonctionnelle.

I.2 Questionnement

Lors de mon stage sur le plateau de rééducation fonctionnelle de l'hôpital Morvan à Brest, j'ai pu assister à l'utilisation d'un bras exosquelettique dans la rééducation du membre supérieur hémiplégique chez des patients en phase chronique (6 mois après l'accident). J'ai alors interrogé les recommandations de la Haute Autorité de Santé sur ce type de rééducation, elle a fait ses preuves pour la récupération des capacités motrices mais pas des capacités fonctionnelles « *L'entraînement du membre supérieur par robot associé à un traitement conventionnel est recommandé aux phases subaiguë et chronique, afin d'améliorer la motricité (grade B), mais pas la fonction* »(4).

Passionné par le développement de nouvelles technologies et par l'informatique, j'ai alors décidé de réaliser mon travail de fin d'étude sur l'utilisation de moyens exosquelettiques dans la rééducation fonctionnelle de l'hémiplégie chez le patient ayant subi un AVC.

Cependant, un sujet se concentrant uniquement sur les moyens exosquelettiques ne fournissant pas suffisamment d'articles pour cette étude, j'ai alors décidé d'élargir mon travail de recherche à l'utilisation de dispositifs robotiques dans la rééducation fonctionnelle du membre supérieur du patient hémiplégique Post-AVC.

Il faut savoir que par dispositifs robotiques, il sera pris en compte les systèmes type « Manipulanda » guidant la main avec une poignée (Exemple du système InMotion(5)), reprenant le principe des patins (GaitTrainer GT(6)) ou celui des pédales (LokoHelp(7)) afin de guider les pieds, ainsi que les exosquelettes : « *Les exosquelettes sont des orthèses sophistiquées dont les articulations sont plus ou moins contrôlées par des moteurs* »(4).

II L'accident vasculaire cérébral

L'accident vasculaire cérébral s'identifie par une perte brutale de fonctions due à l'arrêt brutal de la circulation sanguine au niveau d'une partie du cerveau(8,9).

II.1 Etiologies

Pour les AVC ischémiques, on peut identifier quatre pathologies connues pour augmenter le risque d'AVC à postériori : pour 25% ils sont issus d'une arythmie cardiaque, pour 25% de la rupture d'une plaque d'athérome, pour 25% d'une maladie des petites artères cérébrales et les autres AVC ischémiques proviendraient de la dissection des artères carotidiennes et vertébrales (Premier risque d'AVC ischémique chez le jeune adulte)(10).

II.2 Physiopathologie de l'AVC

L'AVC survient lors d'un déficit d'irrigation vasculaire d'une région cérébrale. Ce déficit peut avoir plusieurs origines : une origine ischémique (80% des cas), ou une origine hémorragique (20% des cas).

Lors d'un AVC d'origine ischémique, un caillot vient obstruer une artère cérébrale à l'origine d'une ischémie du territoire préalablement irrigué ou infarctus cérébral.

Si le caillot se dissout en moins d'une heure, les symptômes régresseront proportionnellement, on parle d'accident ischémique transitoire, il n'y aura pas de séquelle(8), mais une vigilance accrue devra être portée, en effet, le risque d'AVC ischémique est accru chez les patients présentant un AIT dans leurs antécédents(8).

Lors de l'infarctus cérébral, on pourra distinguer deux zones : une zone de nécrose cellulaire et une zone de pénombre.

La zone de nécrose cellulaire correspond à la zone où les cellules sont irrémédiablement détruites, la mort des cellules concernées se fera immédiatement(8,11) engendrant ainsi une perte des fonctions associée à cette région cérébrale.

La zone de pénombre, située en périphérie de la zone de nécrose cellulaire, correspond à la zone en déficit d'apports sanguins, avec une activité de fait interrompue, mais capable de récupérer si la perfusion sanguine est restaurée(8,11).

La gravité des séquelles dépendra donc de l'ampleur de la zone de nécrose ainsi que de la vitesse de prise en charge du patient pour récupérer la majorité de la zone de pénombre, qui bénéficie de quelques heures pour être perfusée de nouveau sans séquelle fonctionnelle(8).

L'infarctus cérébral le plus courant est l'infarctus cérébral sylvien (territoire de l'artère cérébrale moyenne) à l'origine, avec d'autres symptômes, d'hémiplégies, soit à prédominance brachio-faciale avec troubles sensitifs (Infarctus cérébral superficiel), soit d'hémiplégie massive proportionnelle à la lésion, par atteinte de la capsule interne (Infarctus cérébral Profond), ou encore d'une hémiplégie massive proportionnelle à la lésion avec hémianesthésie (Infarctus cérébral total)(8).

Lors d'un AVC d'origine hémorragique, une artère va partiellement se rompre entraînant une fuite de sang et venant causer une hémorragie intra-parenchymateuse. La région cérébrale en aval sera alors privée des apports sanguins. Les hémorragies intra-parenchymateuses se classent en fonction de la localisation de l'hématome qu'il soit profond, superficiel ou sous-tentorial (cervelet ou pont)(8).

L'ischémie engendrée va alors priver une zone cérébrale des apports sanguins en oxygène et en glucose entraînant une mort progressive des cellules de la zone, et ainsi une perte des fonctions associées à cette zone.

Il est impossible cliniquement de distinguer un AVC hémorragique d'un AVC ischémique sans recourir à l'imagerie(8). En tant qu'urgence médicale absolue, la prise en charge adaptée sera alors administrée en appelant le 15(Samu) ou le 112 (Numéro d'urgence européen).

Les récentes avancées en médecine, comme la thrombolyse ou la thrombectomie vont permettre de diminuer le risque de séquelles lourdes à la suite de cette prise en charge (risque divisé par deux)(12). Le premier facteur prédictif de bon déroulement de la prise

en charge reste le délai de perfusion, plus le patient sera rapidement pris en charge, plus le pronostic sera bon(13).

II.3 Epidémiologie

Le nombre d'hospitalisation pour accident vasculaire cérébral ne cesse d'augmenter pour atteindre une incidence de plus de 110 000 patients en 2014 en France avec de grandes disparités régionales (la Bretagne obtient un taux 20% supérieur à la moyenne nationale). Une augmentation des hospitalisations pour AVC ischémique est observable, autant chez le jeune adulte que chez le patient âgé de plus de 65 ans, cependant les causes principales diffèrent, en effet, chez le jeune adulte, le diabète, l'obésité, le tabagisme, la consommation de cannabis et l'alcoolisation ponctuelle sont les hypothèses les plus probables de l'augmentation de cette prévalence, alors que chez le patient de plus de 65 ans, ces facteurs aboutissent à un athérome des grosses artères qui devient la cause la plus probable(14).

Un AVC peut survenir à tout âge, mais sera plus fréquent chez l'adulte de plus de 65 ans (75%). (10) Cette pathologie a un impact sur la qualité de vie de ces patients non négligeable, « *près de 46% des personnes de moins de 60 ans ayant eu un AVC déclarent avoir été limitées dans leurs activités quotidiennes pendant au moins six mois du fait de l'événement* »(14).

Ainsi, le nombre de personnes prises en charge en soins de suite et de réadaptation est en augmentation de plus de 10 000 patients de plus de 65 ans entre 2008 et 2014 en France(14). Il est donc primordial d'identifier les facteurs de risque principaux afin de proposer des actes de prévention pour limiter l'incidence de cette pathologie.

L'affiche ci-dessous (Figure 1) provient d'une campagne de prévention primaire dirigée par la société française neurovasculaire et illustre les principales données épidémiologiques sur l'AVC en 2018(15).

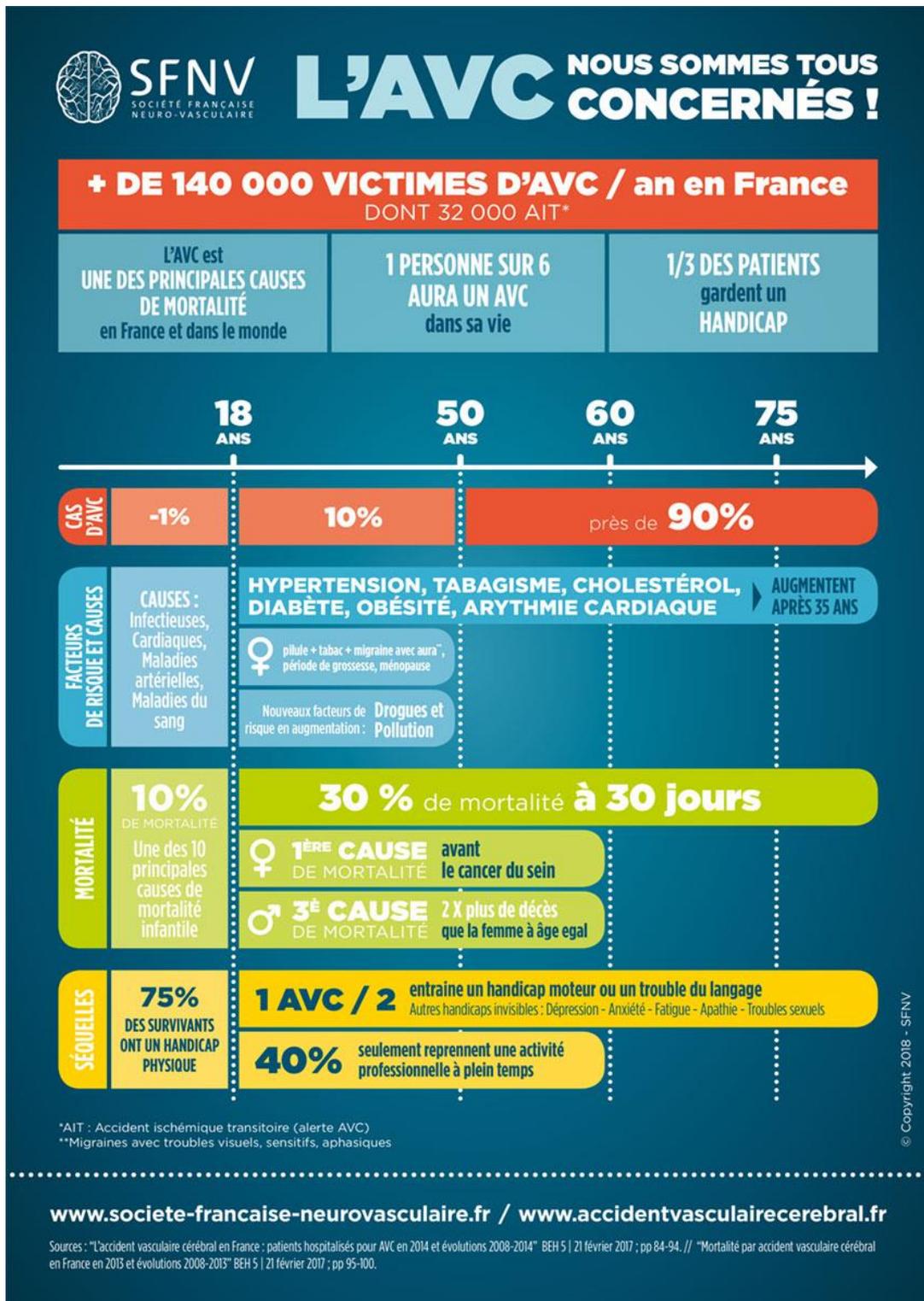


Figure 1 : Affiche de prévention primaire de 2018 par la société française neurovasculaire

II.4 Facteurs de risque

10 facteurs de risques modifiables ont été identifiés(16): par ordre décroissant d'impact : l'hypertension artérielle, le tabagisme, le rapport taille-tour de hanche, la sédentarité, une mauvaise alimentation pour la santé, le cholestérol, les facteurs psychosociaux, certaines pathologies cardiaques non maîtrisées, une trop forte consommation d'alcool, le diabète.

De plus, ces facteurs vont entraîner à long terme des pathologies artérielles telles que l'athérosclérose qui vont-elles aussi être des causes d'accidents vasculaires cérébraux(14).

Agir sur ces risques permettrait d'éviter 80% des AVC(16).

II.5 Hémiplégie

L'hémiplégie est la perte de complète motricité volontaire d'un hémicorps à la suite d'une lésion unilatérale de la voie pyramidale. Elle est souvent associée à un déficit de sensibilité de cet hémicorps. On va parler d'hémiplégie controlatérale lorsque l'atteinte survient du côté opposé à la lésion, et d'hémiplégie homolatérale lorsqu'elle survient sur le même hémicorps que le côté lésé. On peut parler d'hémi-parésie lorsque l'atteinte motrice est incomplète.

Le pronostic de cette lésion dépend de : la localisation et le type de la lésion, l'étendue de la lésion, l'âge du patient, les facteurs de comorbidités, la vitesse de prise en charge en rééducation, le caractère dominant ou non dominant de l'hémisphère touché(17).

L'étiologie est majoritairement vasculaire (AVC), cependant la cause peut aussi être tumorale, inflammatoire, infectieuse ou traumatique(8).

II.6 Recommandations sur la prise en charge en Kinésithérapie

On va distinguer 3 phases distinctes lors de la prise en charge du patient post-AVC(4) :

- La phase aigüe qui correspond aux 13 premiers jours après la survenue de l'accident vasculaire cérébral
- La phase sub-aigüe qui correspond à la phase comprise entre le 14^{ème} jour jusqu'à 6 mois post-AVC
- La phase chronique qui suivra le 6^{ème} mois post-AVC

Afin de prendre en charge en tant que masseur-kinésithérapeute ces patients de façon optimale, il convient de suivre les dernières recommandations en date, c'est-à-dire à ce jour, les recommandations de la haute autorité de santé datant de juin 2012(9).

Pour la rééducation motrice chez l'adulte, il conviendra alors de procéder à une rééducation motrice la plus précoce possible, ou à défaut de démarrer une rééducation sensitive en phase aigüe.

Il sera important de favoriser une intensité importante pour la rééducation motrice, proposer une rééducation individuelle et manuelle est recommandé pour chaque stade, en combinant plusieurs méthodes de rééducation.

Elle devra comprendre une transmission des objectifs recherchés, des bilans et des actions réalisées ainsi que des éventuels problèmes rencontrés à chaque professionnel de l'équipe prenant en charge le patient.

Il sera aussi important d'intégrer l'éducation thérapeutique du patient et de son entourage à la rééducation afin d'obtenir les meilleurs résultats possibles pour un long terme.

Il existe alors plusieurs moyens au service du masseur-kinésithérapeute tels que les concepts BOBATH(2), la méthode KABAT(1), mais aussi la méthode PERFETTI(3), la contrainte induite, la thérapie miroir, l'imagerie mentale et bien d'autres.

Le masseur-kinésithérapeute pourra aussi utiliser des outils technologiques, robotiques ou informatiques, des plateformes de posturographie(18), de la réalité virtuelle, voire l'emploi d'exosquelettes et de robots.

II.7 Pronostic de récupération

Après avoir subi un AVC, le cerveau va récupérer progressivement de façon spontanée et ainsi restaurer certaines fonctions sans interventions extérieures. Cependant, il est intéressant de stimuler ces patients, car leurs possibilités de récupération sont corrélées avec le temps écoulé depuis l'accident.

Une étude de Bonita et Beaglehole(19) a montré que la principale récupération se fait dans le premier mois après l'accident, mais que la récupération continue chez plusieurs patients après six mois, en particulier chez les patients avec des déficits sévères.

Différentes modalités de soins sont alors proposées selon le délai écoulé après l'accident comme il est illustré sur la figure 2 ci-dessous(20).

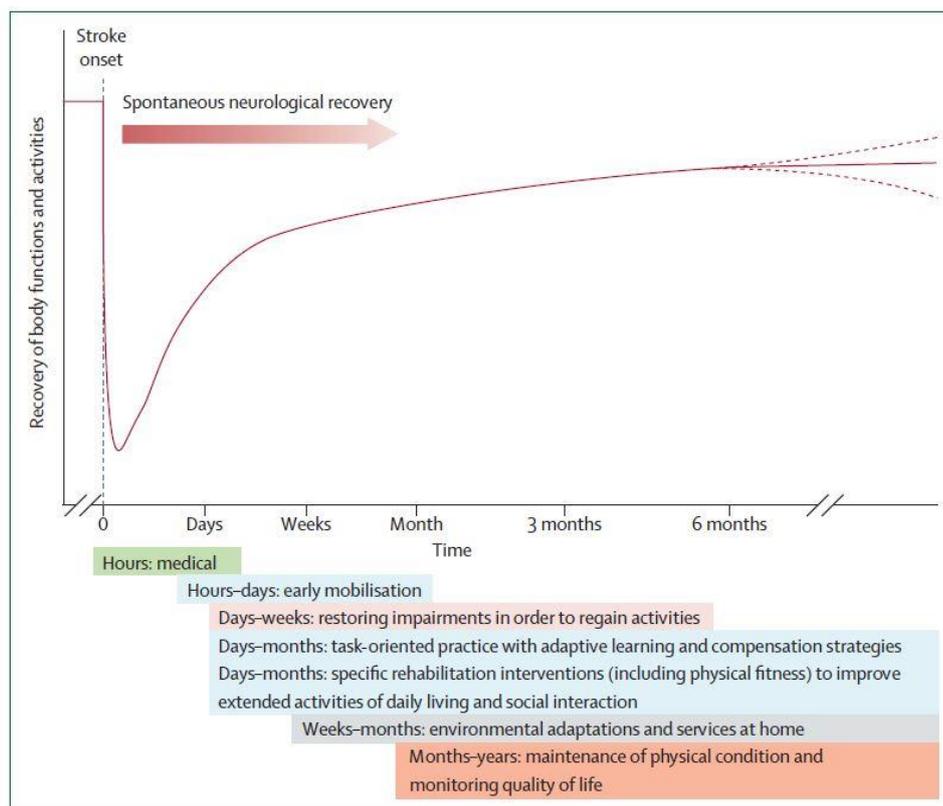


Figure 2 : Pronostic de récupération après un AVC et modalités de soins associées selon Langhorne et al.

Cependant, cette courbe nous confirme qu'à partir de six mois post-AVC, le pronostic de récupération est plus difficile à établir mais qu'il subsiste des possibilités de récupération.

Il est aussi intéressant de connaître le risque de séquelles après un AVC. Une étude de Nakayama et al(21) montre que dans un échantillon de patients avec des déficits moteurs importants (peu ou absence de mobilité active) du membre supérieur, seulement 14% récupèrent une motricité complète et 30% une récupération partielle.

Une revue systématique de littérature selon Hendricks et al(22) montre que dans les cas de paralysie complète d'un membre à la suite d'un AVC, seulement 15% des patients récupéreront une motricité complète à la sortie de leur hospitalisation. Elle montre aussi que le degré de sévérité initiale de l'AVC est un facteur important pour établir un pronostic de récupération.

Il est alors intéressant de chercher à développer de nouveaux moyens de rééducation afin de parvenir à diminuer ce risque de séquelles.

II.8 Recommandations actuelles en matière de rééducation du membre supérieur chez le patient post-AVC

Plusieurs échelles ayant été validées sont couramment utilisées afin d'évaluer les capacités fonctionnelles du membre supérieur : « *Fugl-Meyer pour la déficience, Block and Box Test, Nine Hole Peg Test, Wolf Motor Function Test, Action Research Arm Test, Motor Activity Log, ABILHAND et MIF pour l'activité et Stroke Impact Scale et EuroQol Quality of Life pour la participation.* »(23).

Une synthèse des recommandations sur les moyens à employer pour la rééducation de la fonction a été publiée en juin 2012 par la HAS.

Dans cet article, pour toute phase de rééducation, la rééducation manuelle individuelle obtient un grade de preuve C, les techniques d'approches neurophysiologiques (incluant, mais sans s'y limiter, le concept Bobath et la méthode Kabat) et le principe de combinaison des approches thérapeutiques obtiennent un grade d'avis d'expert.

Pour la phase aïgue uniquement, la stimulation de la fonction sensitive obtient un grade d'avis d'expert.

Pour la période de la phase sub-aïgue uniquement, l'entraînement électromécanique de la marche avec masso-kinésithérapie est conseillé avec un grade de preuve B.

Pour la période de la phase chronique uniquement, le renforcement musculaire est conseillé avec un grade de preuve C, la rééducation intensive de la marche, la marche sur tapis roulant sans support partiel de poids, la contrainte induite du membre supérieur et l'imagerie mentale motrice, associées à d'autres traitements obtiennent un grade de preuve B.

Pour les périodes des phases sub-aïgue et chronique, l'activité physique et gymnique, le myofeedback associé à la stimulation électrique fonctionnelle du membre supérieur, la rééducation par l'exécution de la tâche orientée et sa répétition pour la marche, la rééducation de la marche dès que possible, l'entraînement électromécanique de la marche sans masso-kinésithérapie, et l'entraînement électromécanique du membre supérieur par robot associé à un traitement conventionnel obtiennent un grade de preuve B. D'autres techniques obtiennent pour cette temporalité un grade de preuve C : la goniofeedback du genou pour améliorer la marche, le myofeedback pour améliorer la marche, la stimulation électrique fonctionnelle pour la marche, la rééducation de la mise en charge et de l'équilibre et l'aide technique de marche, avec un apprentissage personnalisé.

En se focalisant sur les recommandations à propos de l'entraînement du membre supérieur par robot associé à une rééducation conventionnelle, on retrouve alors : « *L'entraînement du membre supérieur par robot associé à un traitement conventionnel est recommandé aux phases subaiguë et chronique, afin d'améliorer la motricité (grade B), mais pas la fonction* »(4).

III La robotique au service de la santé

La robotique se définit selon une définition de HETOP(24) comme une *«Application de systèmes de commande électroniques et automatisés aux dispositifs mécaniques conçus pour exécuter des fonctions humaines. Autrefois limitée à l'industrie, mais de nos jours appliquée aux organes artificiels commandés par des dispositifs bioélectroniques ou bioniques, comme les pompes automatisées d'insuline ou autres prothèses»*.

III.1 Concept général

Pourquoi la robotique en rééducation ?

La robotique dans le domaine de la rééducation a pour objectif de proposer un nouvel outil de prise en charge pour le patient, en suppléant le thérapeute. Cet outil pourra être utilisé aussi bien dans un cadre hospitalier que dans un cadre domestique afin de permettre au patient d'être autonome dans sa rééducation. Le robot utilisé va être conçu dans le but de stimuler la motivation de patient dans la réalisation du mouvement demandé, qu'il soit assisté par le robot ou non(25).

Plusieurs systèmes ont ainsi été conçus afin de proposer au patient l'interaction nécessaire à la réalisation du mouvement recherché. On parle alors de système de co-manipulation où un ou plusieurs contacts physiques sont proposés entre le robot et l'humain, que ce soit un unique contact entre l'extrémité du robot et l'extrémité du membre sollicité comme c'est le cas pour les « Manipulandum », ou encore les systèmes d'interfaces à plusieurs contacts physiques comme c'est le cas dans les systèmes de type exosquelette.

Ces robots vont alors accompagner la rééducation du patient en sollicitant une ou plusieurs articulations, que ce soit pour un ou plusieurs degrés de liberté. En effet, certains robots vont par exemple permettre au patient de les assister dans l'exécution de flexion/extension de coude uniquement, quand d'autres modèles plus récents vont autoriser la prono-supination.

Ces systèmes permettent l'incorporation de capteurs permettant d'enregistrer les différents paramètres du mouvement proposé par le patient, mais peuvent aussi pour certains systèmes adapter leurs consignes, grâce à des électrodes placées sur le patient, aux informations générées par un électromyogramme(26).

Les robots de type « Manipulandum »

Systèmes permettant un allègement de la gravité, un guidage de la trajectoire de travail, une rééducation proximale, le travail peut se faire en 2D voir en 3D. Dans le cas de ce type de dispositif, il y a une unique surface de contact (le plus souvent la main ou l'avant-bras du patient) entre l'extrémité du robot et l'extrémité du membre sollicité(10). Il est alors plus aisément adaptable à la morphologie du patient, car le nombre de points d'attaches est moins important que sur l'exosquelette(27).

Les robots de type « Exosquelette »

Ces systèmes permettent également un allègement de la gravité, mais aussi une adaptation plus importante aux mouvements du patient, car ce type de dispositif est conçu pour ressembler à l'anatomie du membre supérieur humain. Il est alors fixé à plusieurs articulations du patient. L'avantage est qu'il peut exercer un contrôle indépendant pour chaque articulation prise en charge, et peut alors corriger la posture globale lors des mouvements du membre supérieur(27).

III.2 Application à la rééducation

Pour la haute-autorité de santé, la rééducation assistée par robotique correspond à « réaliser des mouvements contraints par un système électromécanique, couplé ou non à un environnement virtuel. »(9). En se focalisant sur le membre supérieur, il s'agit alors de proposer au patient un travail de répétition de mouvements orientés vers des tâches particulières, qui dans certains cas, peuvent être assimilables à des activités de vie quotidienne.

Les dernières recommandations datant de 2012 de la haute-autorité de santé nous disent alors : « *L'entraînement du membre supérieur par robot associé à un traitement conventionnel est recommandé aux phases subaiguë et chronique, afin d'améliorer la motricité (grade B), mais pas la fonction.* »(9).

Il peut alors être intéressant de rechercher si les progrès effectués en matière de robotique permettent aujourd'hui l'assistance au masseur-kinésithérapeute dans la rééducation de la fonction du membre supérieur chez le patient ayant subi un AVC.

IV Problématique

Le membre supérieur répond à un pronostic défavorable chez le patient hémiplegique après un accident vasculaire cérébral, en particulier en phase chronique. En effet, selon la littérature, des limites fonctionnelles subsistent chez 50 à 70% des patients dûes aux séquelles de l'hémiplégie(20). Il semble donc intéressant de rechercher de nouvelles techniques de rééducation afin d'optimiser la récupération des capacités fonctionnelles.

De plus, à l'ère de la révolution numérique, il semble intéressant de questionner une utilisation de robots comme outil de rééducation. Afin de pallier ce type de déficit, certaines preuves ont déjà conclu quant à la pertinence de cet outil dans la rééducation motrice du membre supérieur chez le patient hémiplegique en phase subaiguë et en phase chronique(9). Cependant, leur intérêt dans la rééducation fonctionnelle chez ces patients reste à prouver.

Il semble alors intéressant de se demander **En quoi l'utilisation d'un robot peut être un outil dans la rééducation fonctionnelle du membre supérieur d'un patient hémiplégique post-AVC en phase chronique ?**

Sera défini pour cette revue comme fonctionnel l'aptitude à réaliser un mouvement de la façon souhaitée par l'opérateur « Poser la main sur la tête », à distinguer de la réalisation d'activités de vie quotidienne, qui comprend l'utilisation de plusieurs mouvements fonctionnels dans un contexte précis afin d'atteindre un objectif, tel que défini dans des échelles comme l'indice de Barthel(28).

IV.1 Hypothèses de recherche

Trois hypothèses sont envisagées (2 hypothèses principales puis 1 hypothèse secondaire) qui vont servir à diriger mes recherches pour répondre à cette problématique :

Hypothèses principales :

L'utilisation d'un robot dans la rééducation du patient hémiparétique post-AVC phase chronique permet une récupération supérieure à une rééducation classique des capacités fonctionnelles chez ce patient.

L'utilisation d'un robot dans la rééducation du patient hémiparétique post-AVC en phase chronique permet une récupération supérieure à une rééducation classique des capacités à effectuer ses activités de vie quotidienne.

Hypothèse secondaire :

L'utilisation d'un robot dans la rééducation du patient hémiparétique post-AVC en phase chronique permet une diminution plus importante de la spasticité du membre supérieur qu'une rééducation classique.

V Matériel et méthode

Afin de répondre à cette problématique, la méthode choisie est celle de la revue de littérature non systématique. Viennent ensuite des phases de recherche sur plusieurs bases de données, selon des critères définis ci-dessous, de collecte d'informations puis une analyse de ces données afin d'apporter des réponses se reposant sur des données actualisées de la littérature.

V.1 Bases de données consultées

Pour cette revue de littérature, le choix de questionner les bases de données Scopus(29), Cochrane(30) et Pubmed(31) a semblé judicieux, en effet, ces bases ont pu auparavant servir à alimenter mes recherches sur plusieurs projets lors de mon parcours de formation à l'IFMK (Institut de formation en Masso-kinésithérapie) de Brest, rendues accessibles par notre inscription à l'Université de Bretagne Occidentale (UBO).

V.2 Processus de sélection des articles

Pour cela, nous allons commencer par construire une équation de recherche afin de questionner les bases de recherche précédemment évoquées afin de collecter différents articles et études pour répondre à cette problématique.

Afin de réaliser la construction de cette équation de recherche, nous allons recourir à la méthode PICO (Patient, Intervention, Comparaison, Outcome ou issue clinique recherchée)(32).

Nous choisirons alors les mots « stroke » (pour AVC), « chronic » (pour la temporalité de l'AVC choisie dans la problématique) pour la lettre P, « robot » et « upper limb » (pour membre supérieur) pour la lettre I.

Pour la lettre O, les termes « function » (« fonction », pour représenter la visée fonctionnelle de la rééducation recherchée), « activities of daily living » (ce qui signifie « activités de vie quotidienne ») ainsi que « ADL » (pour la traduction anglaise de l'acronyme « AVQ » : activités de vie quotidienne) ont été intégrés afin de centrer la recherche sur les hypothèses de recherche principales.

Les recherches ont débuté avec équation de recherche suivante: « Stroke AND robot* AND Upper limb* AND (function* or (Activities of daily living*) or ADL*) AND chronic*».

En recherchant comment inclure plus d'articles dans l'étude, le moteur de recherche HeTOP(24) a été utilisé afin de déterminer des termes similaires aux mots clés choisis. Le terme « Upper limb » possède un autre libellé qui lui est préféré dans les recherches littéraires, « Upper extremity ». Il a donc été décidé de l'ajouter dans l'équation, ainsi les bases de données ont été questionnées en utilisant: « Stroke AND robot* AND (Upper limb* OR Upper extremity*) AND (function* or (Activities of daily living*) or ADL*) AND chronic*».

Ainsi avec l'équation de recherche définie, le 14 avril 2020, sur la base de données PubMed(31), je parviens à un total de 234 références, sur la base de données Scopus(29), un total de 201 références et sur la base de données Cochrane(30), un total de 142 références.

V.3 Critères de sélection des articles

Afin que cet écrit permette une actualisation des recommandations actuelles, seuls les articles postérieurs à l'année 2012 ont été retenus (année de publication des recommandations HAS(9)). De plus, par souci de compréhension, seuls les articles rédigés ou traduits en langue française ou en langue anglaise sont sélectionnés.

Finalement, il a été choisi de conserver les articles uniquement après 2015 afin de se concentrer sur les informations les plus récentes tout en conservant assez d'articles pour pouvoir obtenir des résultats comparables.

Les articles sélectionnés ont donc été les articles dont la date de publication est située entre le premier janvier 2015 et la date du 28 février 2020, rédigés ou traduits soit en langue française, soit en langue anglaise.

A partir des articles issus de cette sélection, une lecture des titres des articles a permis de vérifier s'ils correspondent aux interrogations liées à la problématique.

Lors de ce tri, seuls les articles suggérant un protocole de rééducation fonctionnelle chez des patients hémiplegiques post-AVC en phase chronique incluant l'utilisation d'un dispositif robotique ont été conservés. Les articles pour lesquels les termes n'étaient pas inclus dans le titre, mais où il subsistait un doute, ont été conservés

pour l'étape de la sélection par la lecture des résumés afin d'obtenir plus d'informations pour procéder au choix d'inclusion ou non.

Lors de cette étape de sélection par les titres, il a été choisi d'écarter les articles incluant dans leur titre l'usage de stimulation électrique fonctionnelle, afin de se concentrer sur les effets de l'emploi pour la rééducation d'un dispositif robotique de type manipulandum ou exosquelette, rééducation comparés à ceux d'une rééducation classique.

Il a aussi été choisi d'exclure les titres faisant mention d'électroencéphalogramme (ainsi que les acronymes EEG, et BMI (Brain Machine Interface) induisant l'usage d'électroencéphalogramme) qui nécessitent la présence d'un autre professionnel que le kinésithérapeute lors des séances de rééducation.

Dans un second temps, les articles retenus entre les différentes bases de données ont été comparés afin d'éliminer les redondances d'articles, car de nombreux articles sont inscrits sur plusieurs bases de données simultanément.

Parmi ces références, seuls les articles répondant aux critères précédemment évoqués ont été sélectionnés. De plus, les résumés devront mentionner la comparaison entre deux protocoles : le premier décrivant une rééducation incluant l'usage d'un dispositif robotique et le second se focalisant sur une rééducation dite « classique » ou de contrôle. Il devra aussi présenter des éléments en faveur d'une évaluation des capacités fonctionnelles par un test fonctionnel⁽³³⁾ (Fugl Meyer Assessment, Wolf Motor Function Test, Box and Block test, ...) à l'origine et au terme des deux protocoles.

La rééducation dite classique correspond dans ce contexte à n'importe quelle technique de rééducation ayant obtenue au minima le niveau de preuve « avis d'expert » selon les recommandations de la Haute Autorité de Santé précédemment citées⁽⁹⁾.

À la suite de ce tri, une lecture intégrale des articles sélectionnés a été réalisée afin de vérifier qu'ils répondent bien aux critères attendus. Les articles devront aussi comporter une méthode et des résultats détaillés afin de pouvoir procéder à une évaluation qualitative dans un dernier temps par des échelles adaptées.

V.4 Validité des articles choisis

Dans un dernier temps, une sélection finale est établie avec le concours de l'échelle PEDro(34) pour définir la fiabilité des articles relatant des essais contrôlés randomisés et de l'échelle PRISMA(35) pour définir la fiabilité des revues systématiques de la littérature et des méta-analyses. Ces échelles seront utilisées pour évaluer la qualité méthodologique des articles à intégrer et donc le niveau de confiance qu'il est possible d'accorder à leurs résultats.

L'échelle PEDro, quant à elle, comporte 10 items(34) :

- Répartition aléatoire
- Assignation secrète,
- Groupes initiaux comparables,
- Sujets « en aveugle »,
- Thérapeute(s) « en aveugle »,
- Examineur(s) « en aveugle »,
- Mesures obtenues >85%,
- Suivi continu du traitement ou « en intention de traiter »
- Comparaison statistique entre les groupes,
- Présentation des résultats, effets et variabilité.

Chaque item équivaut à un point, attribué uniquement si une réponse au critère est explicitement présentée sur l'article. Si elle est absente ou si le critère n'est pas respecté, aucun point n'est accordé (0 point).

Il existe aussi un 11^{ème} item « les critères d'éligibilité ont été précisés » mais qui n'est pas inclus dans le calcul du score PEDro car il traite de la validité externe de l'article évalué.

Il est communément admis qu'un article obtenant une note supérieure ou égale à 6/10 possède un niveau de validité interne considéré comme modéré à élevé, ainsi les articles sélectionnés devront répondre à ce critère afin d'être inclus(36).

L'échelle PRISMA(35) comporte, elle, 27 lignes directrices pour les revues systématiques de la littérature et méta-analyses. Elles serviront, en plus de fournir une information sur la fiabilité, à fournir un outil de comparaison entre les différentes revues en cas de divergence des résultats. En effet, elle nous indique, selon le nombre d'items validés, le niveau de confiance accordable à chaque étude.

V.5 Extraction des données

Afin de faciliter l'extraction des données et des articles sélectionnés auparavant, une fiche de synthèse a été élaborée représentant sous la forme d'un tableau les informations jugées pertinentes pour répondre à la problématique.

Ce tableau reprend, pour les revues systématiques et méta-analyses, les items choisis suivants : les références de l'article, une synthèse de la méthodologie employée, les dispositifs robotiques les plus employés, les principales modalités de rééducation choisies ainsi que les résultats correspondants à mes hypothèses de recherche (Voir Annexe 1).

Pour les études décrivant un essai contrôlé randomisé les items choisis sont les suivants : les critères d'inclusion des patients, les outils employés (robots), les modalités d'intervention pour les deux thérapeutiques, les objectifs, les tests fonctionnels choisis par ces études, leurs résultats ainsi que les limites éventuelles abordées (Voir Annexe 2).

V.6 Rédaction de la bibliographie

Dans le but de rédiger une bibliographie rigoureuse tout en conservant la norme de présentation « Vancouver »(37), le logiciel « Zotero »(38) a été choisi, pour donner suite à sa présentation au cours de la formation à l'IFMK. Il permet la gestion des données bibliographiques, l'organisation des citations et la création d'une bibliographie aux normes désirées par l'utilisateur.

V.7 Biais

Afin de répondre à cette question, la méthode de la revue de littérature « non systématique » de la littérature a été retenue. En effet, ce travail étant individuel, il ne peut pas être considéré comme revue systématique, qui elle, implique au moins deux personnes pour la rédaction et l'inclusion des articles. Les résultats qui en ressortent subissent alors également ce biais et seront donc à considérer dans ce cadre.

V.8 Synthèse du processus de sélection

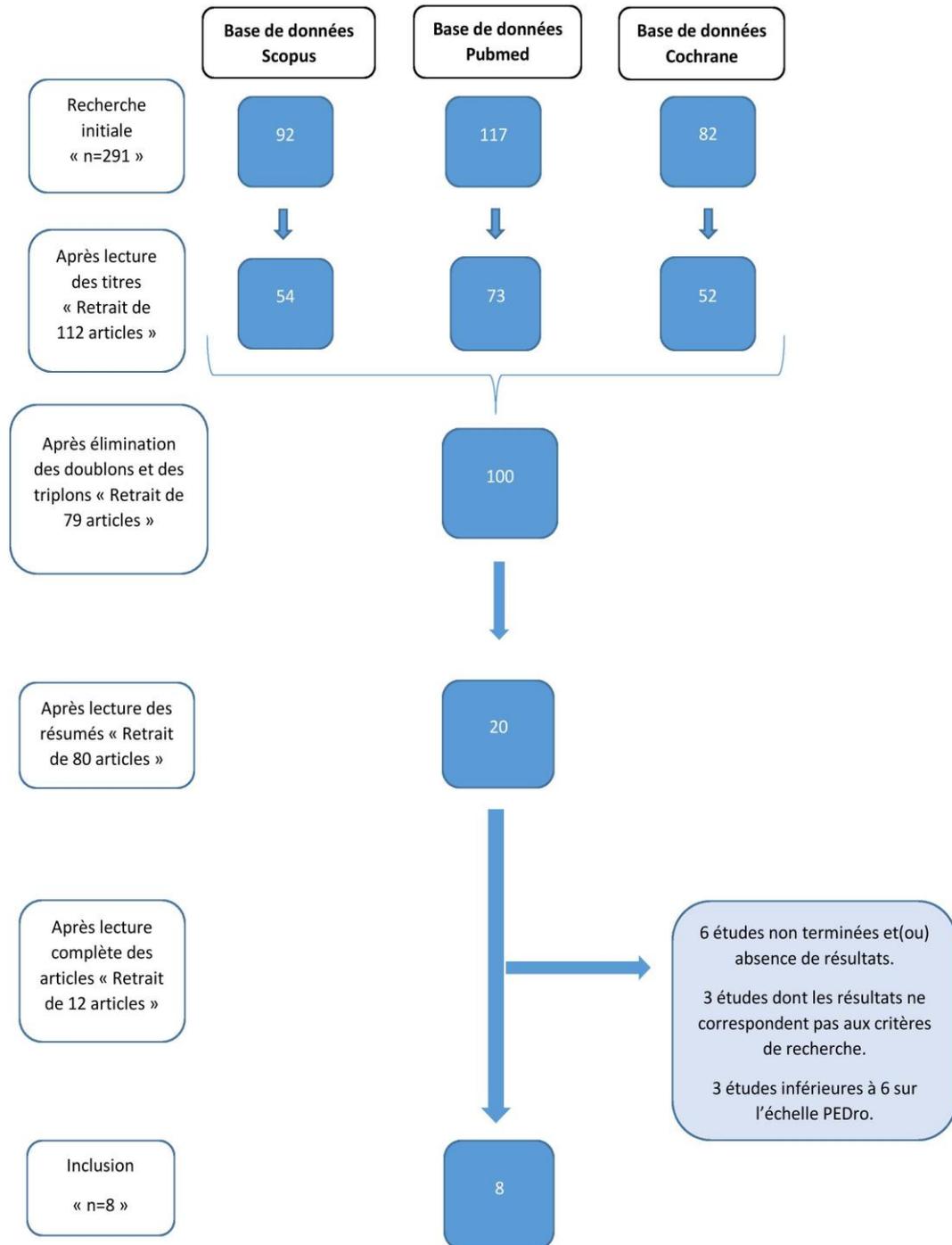


Figure 3 : Diagramme de flux réalisé par Le Corre Eric

VI Résultats

Ainsi, 291 articles ont été sélectionnés en début de recherche le 11/04/2020. A la suite de la lecture des titres, 179 articles ont été retenus. Lors de l'étape de suppression des doublons et des triplons, seuls 100 articles ont été conservés, puis la lecture des résumés a permis de retirer 80 articles pour un total de 20 articles restants.

Lors de la lecture complète des articles, il s'est avéré que 6 études contrôlées randomisées n'avaient pas encore publié de résultats, et de ce fait, ont été écartées. Deux autres études ont été écartées du fait que les résultats présentés ne correspondent pas aux critères définis. Une revue systématique de la littérature a choisi de définir le début de la période chronique de l'AVC à 3 mois après l'accident, ce qui ne correspond pas aux recommandations de la HAS(9), cette étude est donc de même écartée.

Au total, 12 articles ont alors été évalués sur leur fiabilité interne, 2 revues systématiques de la littérature et méta-analyses grâce à l'échelle PRISMA(35), et 10 essais contrôlés randomisés par l'échelle PEDro(34).

Les revues systématiques de la littérature et méta-analyses correspondant à un niveau de preuve supérieur à celui d'un essai contrôlé randomisé(39), les 2 études sélectionnées auparavant ont été incluses, cependant, il reste intéressant d'avoir un avis sur la méthodologie et la fiabilité interne de ces revues systématiques afin de déterminer le niveau de confiance que l'on peut leur accorder.

Pour les 10 essais contrôlés randomisés évaluables par l'échelle PEDro, seulement six obtiennent une note supérieure ou égale à 6 sur 10 et ont donc été inclus.

Les résultats de huit articles (deux revues systématiques de la littérature avec méta-analyse(40,41) et six Essais Contrôlés Randomisés(42–47)) ont donc été inclus dans cet étude.

IV.1. Caractéristiques générales des articles inclus dans la revue de littérature

Les articles inclus comprennent un total de 760 patients en stade chronique de leur AVC. Cependant, les études ne fournissant pas de résultats ne concernant uniquement que les patients ayant subi un AVC en phase chronique au moment de l'étude, ont été exclues.

Les patients inclus dans les études conservées ont un âge compris entre 48 et 70 ans pour une moyenne de 59 ans. Selon les données fournies, 70.1% des patients inclus ont subi un AVC d'origine ischémique (94 patients) alors que 29.9% ont subi un AVC hémorragique (40 patients). Les études ayant inclus les autres patients ne fournissent pas d'information quant à l'origine des AVC.

Aucune des études présentées ici n'a montré de différence significative pour les évaluations cliniques menées lors de l'inclusion des patients entre les groupes contrôles et les groupes expérimentaux, cependant la revue systématique de la littérature avec méta-analyse de Bertani et al(41) ne fournit pas de données concernant ces évaluations.

Les résultats de l'analyse des articles, selon leur fiabilité interne par les échelles PRIMSA(35) pour les revues de littérature et méta-analyses et PEDro(34) pour les essais contrôlés randomisés sont inclus sous la forme de tableaux en annexes.

Pour les revues de littérature, les critères n'ayant pas été remplis par les deux études sur l'échelle PRISMA sont les deux critères (15 et 22) traitant du risque de biais transversal aux études incluses par ses revues, ainsi que le critère 24 de synthèse des niveaux de preuve qui ne sont pas renseignés. De plus, la revue de Zhang et al(40) ne procure pas d'information à propos d'éventuelles analyses complémentaires et ne remplit donc pas les critères associés (16 et 23). Pour la revue de Bertani et al(41), le critère 19 de risque de biais relatif aux études n'est pas validé, car il ne présente pas les éléments sur les risques de biais de chaque étude.

Pour les essais contrôlés randomisés, aucun des articles inclus n'a répondu aux critères « Tous les sujets étaient "en aveugle" » et « Tous les thérapeutes ayant administré le traitement étaient "en aveugle" », en effet, il est effectivement difficile de masquer le traitement administré dans le cas où il s'agit de l'emploi d'un dispositif robotique ou non. Un essai(47) a aussi échoué au critère « La répartition a respecté une assignation secrète » car il ne précise pas si la personne qui a déterminé les groupes savait au moment d'inclure les patients, le groupe auquel ils allaient être affectés.

IV.2 Interventions utilisées

Revue de littérature et méta-analyses :

Articles	Principaux dispositifs robotiques (pour les patients en phase chronique)	Principales modalités de rééducation choisies (pour les patients en phase chronique)
<p>Robotic approaches for the rehabilitation of upper limb recovery after stroke: a systematic review and meta-analysis, publié en mars 2017 par Zhang <i>et al</i></p>	<p>Mit-Manus, MIME, Bi-Manu-Track, ARMin, Pneu-WREX, T-WREX</p>	<p>Les études incluses comprennent des protocoles de rééducation conventionnelle avec assistance robotique vs un groupe contrôle exerçant une thérapie conventionnelle, les thérapies conventionnelles comprennent la rééducation neuromotrice en incluant des techniques neuro-développementales comme le concept Bobath, des exercices orientés vers certaines tâches de la vie quotidienne, de la rééducation dite intensive de même intensité que la rééducation proposée pour le groupe avec usage d'une assistance robotique, du renforcement musculaire, des étirements et des mobilisations passives.</p>
<p>Effects of robot-assisted upper limb rehabilitation in stroke patients: a systematic review with meta-analysis, publié en septembre 2017 par Bertani <i>et al</i></p>	<p>Mit-Manus, MIME, BI-Manu Track, InMotion 2, T-wrex, ARMin, ARMin III.</p>	<p>Les études incluses comprennent des protocoles de rééducation conventionnelle avec assistance robotique vs un groupe contrôle exerçant une thérapie conventionnelle, les thérapies conventionnelles comprennent la rééducation neuromotrice en incluant des techniques neuro-développementales comme le concept Bobath, des exercices orientés vers certaines tâches de la vie quotidienne, de la rééducation dite intensive de même intensité que la rééducation proposée pour le groupe avec usage d'une assistance robotique, du renforcement musculaire, des étirements et des mobilisations passives.</p>

Présentation des dispositifs robotiques employés :

Les robots InMotion(43,48) (dont le robot (Mit-Manus)) sont des dispositifs proposant une thérapie unilatérale pour le membre supérieur dans un plan horizontal, plusieurs modalités de travail sont disponibles : étirements passif, un mode « tâche adaptée » qui correspond à une assistance du robot adaptée aux besoins du patient pour réaliser le mouvement, et un mode actif avec une possible résistance du robot.

Un écran, relié au dispositif, est placé devant le patient afin de proposer différents exercices pour stimuler le membre supérieur comme illustré sur la figure 4(5) ci-contre.



Figure 4 : « InMotion » par BionikLabs

Le robot MIME(48) est un dispositif permettant plusieurs modalités thérapeutiques : trois modes de thérapie unilatérale : mobilisation passive, assistée par le robot et contre une résistance du robot. Ce dispositif permet aussi un travail des deux membres supérieurs (mode bilatérale) pour stimuler un travail de coordination comme représenté ci-dessous(49).



Figure 5 : « MIME », tiré de « Robotique de rééducation du membre supérieur de l'hémiplégique » publié par Laffont et al

Le robot BI-Manu-Track(43,44) est un dispositif permettant de réaliser des mouvements de façon symétrique avec les deux membres supérieurs dans 2 degré de liberté : la flexion extension de poignet et la prono-supination de l'avant-bras, exécutés de façon passive, où le robot va aider le patient à effectuer le mouvement, de façon activo-passive où le robot va fournir une assistance plus faible afin que le patient participe à la réalisation du mouvement ou encore de façon active : le robot va résister au mouvement réalisé par le patient.



Figure 6: “BI-Manu-Track”, provenant de l’article “Robotic-assisted therapy with bilateral practice improves task and motor performance in the upper extremities of chronic stroke patients: A randomised controlled trial” publié par Hsu et al.

ARMIN(50) est un dispositif développé par ETHzürich(51) venant assister les articulations de l’épaule et du coude. Il permet différentes modalités de mouvement, la mobilisation passive du bras, la mobilisation active avec un feedback visuel sur un ensemble audio-visuel en participant à un jeu où en exerçant des activités de vie quotidienne. Lors de la mobilisation dans le cadre du jeu, le dispositif va capter la force que le patient va produire pour exécuter le mouvement souhaité et si elle est insuffisante, il va délivrer de l’énergie afin que le mouvement soit réalisé comme souhaité.



Figure 7 : « ARMIN » par ETHzürich

T-WREX et P-WREX(52), deux robots basés sur un exosquelette passif venant soutenir le membre supérieur déficitaire de patients pédiatriques pour les aider à pouvoir être indépendant dans leurs activités de vie quotidienne : le Wilmington Robotic Exoskeleton (WREX) fonctionnant comme soutien anti gravitaire du bras.

T-WREX (Training WREX): Cet exosquelette a été modifié de façon à capter la force émise par le patient lors des mouvements de saisie et de relâchement et les retransmettre sur un écran afin de fournir un feedback au patient, mais aussi rééduquer son membre supérieur par l'intermédiaire de jeux représentant des activités de vie quotidienne.



Figure 8 : « T-WREX », image publiée par Sanchez et al, 2004

Pneu-WREX: Toujours en se basant sur la fonction antigravitaire du WREX, des ingénieurs ont souhaité créer un exosquelette capable de créer une force importante tout en proposant une liberté de mouvement importante. Il permet alors de compenser la faiblesse des muscles de l'épaule et du coude pour la rééducation du membre supérieur, tout en reprenant les composantes de son prédécesseur.

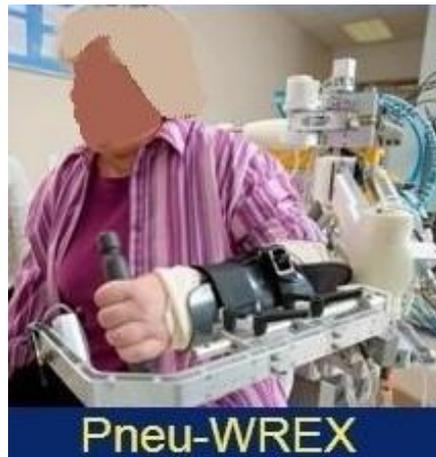


Figure 9 : « Pneu-WREX », image publiée par Sanchez, Wolbrecht et al, 2005

Elle inclut aussi un robot de type exosquelette ARMIN(50) vu précédemment et le robot ARMIN 3(50) qui inclut en plus de son prédécesseur la rééducation du poignet.

Essais contrôlés randomisés :

Articles	Précisions sur la rééducation avec robot employée	Dispositif robotique employé	Précisions sur la rééducation classique employée
<p>Effects of robot therapy on upper body kinematics and arm function in persons post stroke: a pilot randomized controlled trial, publié en Janvier 2020 par Carpinella et al</p>	<p>Tous les patients exécutent la première séance en mode "assistiv-as-needed". Si l'aide délivrée reste inférieure à 1N, le patient effectue les séances suivantes en mode "resistive". Mouvements effectués entre 240 et 500 fois par sessions selon les capacités du patient.</p>	<p>Braccio di Ferro</p>	<p>Rééducation adaptée aux besoins comprenant des mobilisations passives et actives des articulations du membre supérieur et des exercices dits tâches orientés comme des mouvements mains-bouche, atteindre des cibles, attraper des objets et les déplacer sur des plans, 40-45 répétitions.</p>
<p>Comparative Assessment of Two Robot-Assisted Therapies for the Upper Extremity in People With Chronic Stroke, publié en Janvier 2019 par Hung et al</p>	<p>Deux protocoles de thérapie avec assistance robotique: Groupe BMT(Bi-Manu-Track) : mouvements symétriques des deux membres supérieurs comprenant 600 à 800 répétitions de flexion/extension du poignet de prono-supination en passif et en activo-passif, puis 150 à 200 répétitions des mêmes mouvements en actif avec résistance(déterminée par le thérapeute) contre le mouvement. Groupe IMT (In-Motion 3) : travail du bras affaibli de 120 à 160 répétitions d'étirements passifs, 12 à 48 répétitions en actif, et 320 à 480 répétitions de tâches avec assistance du robot.</p>	<p>Bi-Manu-Track et In Motion III</p>	<p>Thérapie conventionnelle adaptée aux besoins du patient (travail des tensions musculaires, renforcement de la motricité grossière et fine, renforcement musculaire et pratique des activités de vie quotidienne). Les séances commencent toutes par 5 minutes de travail sur les tensions musculaires, les protocoles de robotiques duraient 70-75minutes, puis 20 minutes d'activités basées sur les activités de vie quotidiennes étaient proposées.</p>
<p>Robotic-assisted therapy with bilateral practice improves task and motor performance in the upper extremities of chronic stroke patients: A randomised controlled trial, publié en Juin 2019 par Hsu et al</p>	<p>Il a consisté en une stimulation sensorimotrice de 10 minutes (mobilisations du membre supérieur, concept PNF ou Kabat), suivis de 40 minutes de thérapie bilatérale assistée par robot pour l'avant-bras et le poignet, avec un minimum de 400 mouvements de flexion/extension ainsi que 400 mouvements de prono-supination.</p>	<p>Bi-Manu-Track</p>	<p>Le groupe contrôle a reçu les mêmes 10 minutes de stimulation sensorimotrice et 40 minutes d'entraînement tâche orienté assisté par le thérapeute pour le membre affecté. Le choix des tâches est effectué par le thérapeute selon les muscles évalués comme faibles par l'évaluation initiale.</p>

<p>Does hand robotic rehabilitation improve motor function by rebalancing interhemispheric connectivity after chronic stroke? Encouraging data from a randomised-clinical-trial, publié en Mai 2019 par Calabrò <i>et al</i></p>	<p>45 minutes de travail sur les AVQ, 45 minutes de travail biomécanique des membres supérieurs et inférieurs, 30 minutes de rééducation de la marche, 30 minutes de travail sur la parole et 30 minutes de pauses réparties entre les sessions et 45 minutes de travail avec le robot (15 minutes de mobilisation passive, 25 minutes de mobilisation active aidée par le robot (aide calculée par le robot) et 5 minutes de repos entre les exercices).</p>	<p>Amadeo</p>	<p>Les séances comporteront pour les deux protocoles : 45 minutes de travail sur les AVQ, 45 minutes de travail biomécanique des membres supérieurs et inférieurs, 30 minutes de rééducation de la marche, 30 minutes de travail sur la parole et 30 minutes de pauses réparties entre les sessions auxquelles s'ajouteront le protocole.</p>
<p>Effectiveness of Robot-Assisted Upper Limb Training on Spasticity, Function and Muscle Activity in Chronic Stroke Patients Treated With Botulinum Toxin: A Randomized Single-Blinded Controlled Trial, publié en Janvier 2019 par Gandolfi <i>et al</i></p>	<p>La session est composée de 10 minutes de mobilisation et d'étirements passifs pour le membre affecté puis 35 minutes d'exercices avec robot, ayant pour objectif de solliciter la flexion/extension du coude et l'action de saisir un objet, selon soit un protocole d'assistance selon le besoin, soit sans assistance afin de varier la difficulté.</p>	<p>Armotion</p>	<p>La session est composée des mêmes 10 minutes d'étirements et de mobilisations passives suivies de 35 minutes d'exercices pour le membre supérieur affecté. Ces exercices comprennent différentes mobilisations actives aidées et actives dans différentes directions et sollicitant différentes articulations du membre supérieur, tout en augmentant progressivement et selon les capacités du patient l'amplitude, le nombre de répétitions et la résistance opposée.</p>
<p>Efficacy of robot-assisted fingers training in chronic stroke survivors: a pilot randomized-controlled trial, publié en Avril 2015 par Susanto <i>et al</i></p>	<p>Etirements passif du membre affaibli pendant 16 minutes en position assise. Puis, trois exercices : prise en main, prise à deux doigts et à trois doigts d'un objet. Il est alors demandé de passer une éponge sur un plan horizontal en face d'eux, commençant par le côté paresthésique au côté non paresthésique. Le premier exercice est réalisé pendant 4 minutes, le second pendant 8 minutes et le troisième pendant 8 minutes. Entre chaque exercice, une pause de 1 à 2 minutes est demandée.</p>	<p>Dispositif robotique modifié</p>	<p>Le groupe de rééducation contrôle réalise les mêmes exercices que le groupe expérimental mais sans assistance du dispositif qui est placé en position éteinte. Cependant, le patient peut alors bénéficier de l'assistance du thérapeute si nécessaire.</p>

Présentation des dispositifs robotiques employés :

Braccio di FERRO(42) est un Manipulandum permettant de réaliser des mouvements d'épaule et de coude sur un plan horizontal. Ce dispositif comporte plusieurs modes de travail : un mode « assist-as-needed » ce qui correspond à une assistance adaptée aux besoins du patient (calculée par rapport à la vitesse de mouvement que le patient parvient à générer), le robot génère alors une force aidant le patient à atteindre son objectif, un mode « resistiv » où le robot vient générer une force contraire au mouvement perçu par le robot.



Figure 10: “Braccio di Ferro”, image provenant de l’article “Effects of robot therapy on upper body kinematics and arm function in persons post stroke: a pilot randomized controlled trial: a pilot randomized controlled trial” publié par Carpinella et al

AMADEO(45) est un robot de type Manipulandum venant interagir avec les doigts du patient, tout en étant attaché à son avant-bras. Le poignet est maintenu par une bande Velcro. Chaque doigt peut se mouvoir en flexion ou en extension, indépendamment des autres ou simultanément. Ce dispositif peut fonctionner avec un feedback visuel, ce qui permettra de proposer des exercices orientés vers des tâches précises. Ce dispositif permet de produire une aide adaptée, si nécessaire, afin que le mouvement recherché puisse être effectué.

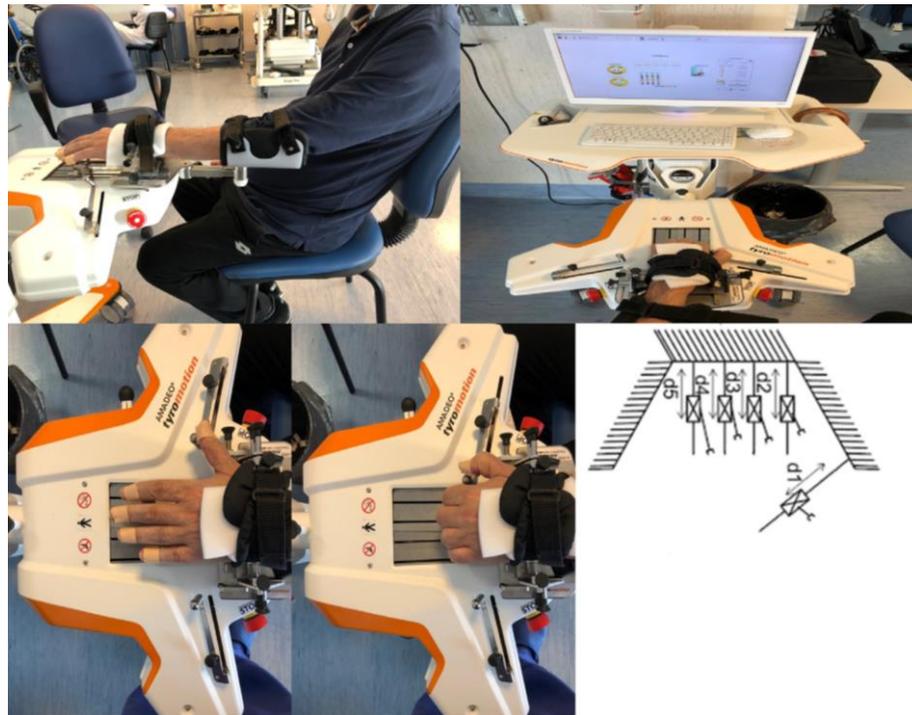


Figure 11: “Amadeo”, image provenant de l’article “Does hand robotic rehabilitation improve motor function by rebalancing interhemispheric connectivity after chronic stroke? Encouraging data from a randomised-clinical-trial” publié par Calabrò et al.

Armotion(46) est un dispositif robotique de type Manipulandum permettant de réaliser des mouvements dans deux dimensions avec un feedback visuel (représentation du membre supérieur et de ses mouvements sur un écran placé devant le patient). Plusieurs modalités de travail sont disponibles : travail passif, activo-passif, actif, avec des déstabilisations extrinsèques, ou avec un mode d'assistance adapté selon la qualité du mouvement proposé par le patient pour réaliser une tâche demandée.



Figure 12: “Armotion” Image provenant de l’article “Effectiveness of Robot-Assisted Upper Limb Training on Spasticity, Function and Muscle Activity in Chronic Stroke Patients Treated With Botulinum Toxin: A Randomized Single-Blinded Controlled Trial” publié par Gandolfi et al

Main exosquelettique modifiée: C'est un dispositif exosquelettique(47) guidé par électromyographie permettant une activité individuelle pour chaque doigt. Il permet une flexion de la métacarpo-phalangienne de 55° et de l'inter-phalangienne proximale de 65° en simultané. Ce dispositif est relié à la main par des bandes Velcro.

Des capteurs sont intégrés pour définir le moment de force exercé par ces articulations et l'amplitude articulaire que le patient peut atteindre, ce qui lui permet de proposer une assistance adaptée pour trois tâches : saisir avec la main et relâcher, une pince à trois doigts et relâcher, et une pince à deux doigts puis relâcher.

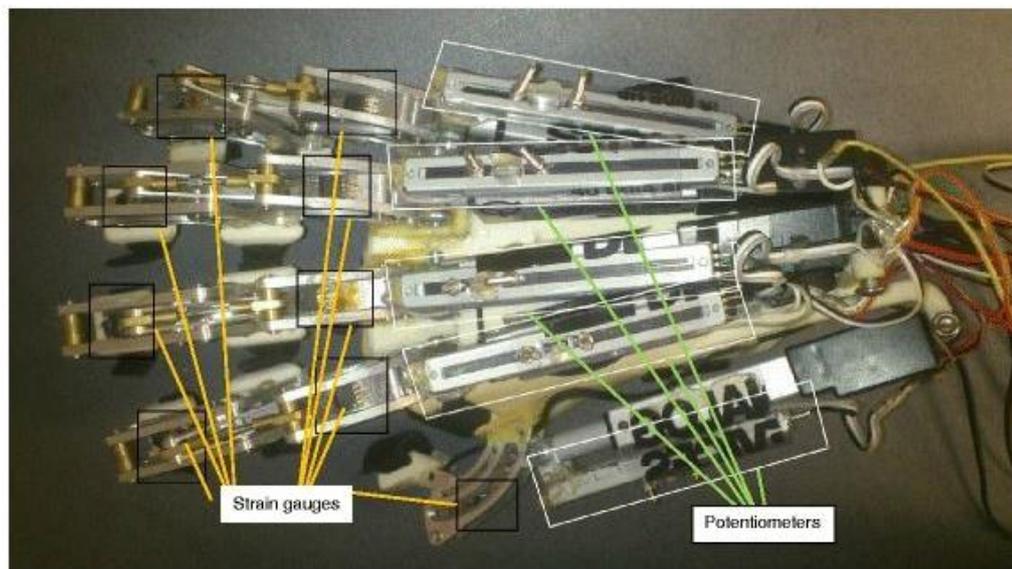


Figure 13: “Main exosquelettique”, image provenant de l'article “Efficacy of robot-assisted fingers training in chronic stroke survivors: a pilot randomized-controlled trial” publié par Susanto et al

IV.3 Tests utilisés dans les études incluses

Revue de littérature et méta-analyses :

Articles	Test(s) inclus(s)
Robotic approaches for the rehabilitation of upper limb recovery after stroke: a systematic review and meta-analysis publié en Mars 2017 par Zhang et <i>al</i>	FMA
Effects of robot-assisted upper limb rehabilitation in stroke patients: a systematic review with meta-analysis publié en Septembre 2017 par Bertani et <i>al</i>	FMA, MAS, MAL et MIF

Tests correspondants aux hypothèses de recherche et employés dans les revues incluses :

L'échelle Fugl-Meyer Assessment Sensori Motor Recovery after Stroke plus couramment appelée **Fugl Meyer Assessment(FMA)**(53) qui est une échelle évaluant le degré d'incapacité motrice.

Elle regroupe 5 domaines : la fonction motrice pour les membres supérieurs et membres inférieurs, la sensibilité superficielle et la sensibilité profonde, l'équilibre en position assise et en position debout, les amplitudes articulaires et le dernier décrivant la douleur articulaire pour un total de 155 items.

Chaque domaine peut être évalué individuellement.

Le domaine utilisé dans les articles inclus correspond à l'évaluation de la fonction motrice des membres supérieurs et inférieurs et porte sur la mobilité, la coordination et les réflexes.

Il est évalué sur un score de 66 points pour le membre supérieur et 34 point pour le membre inférieur, afin d'obtenir un score compris entre 0 qui correspond à l'état hémiplegique jusqu'à 100 qui correspond à une performance motrice normale.

La **Modified Ashworth Scale(MAS)**(54) : elle consiste en une mobilisation passive rapide d'une articulation dans un secteur articulaire pour étirer les muscles antagonistes au mouvement réalisé, afin d'objectiver une résistance plus ou moins importante à l'étirement de ces muscles.

Deux versions de l'échelle modifiée existent :

- La première est cotée de 0 à 4 et comprend l'item 1+ : « une augmentation discrète du tonus musculaire se manifestant par un ressaut suivi d'une résistance minime perçue sur moins de la moitié de l'amplitude articulaire »
- La seconde est cotée de 0 à 5 en comprenant les items de la version précédente.

Le **Motor Activity Log(MAL)**(55) : un questionnaire sur l'utilisation du membre supérieur paresthésique. Elle interroge le patient sur 30 activités selon son degré d'utilisation du membre lésé (de 0 « Je n'ai pas utilisé mon bras plus affaibli » à 5 « J'ai utilisé mon bras affaibli aussi souvent qu'avant mon AVC »). Si la réponse du patient est supérieure à 0, alors le thérapeute va interroger le patient sur la qualité du mouvement (de 0 « Mon bras affaibli n'a pas du tout été utilisé pour cette activité » à 5 « Ma capacité à utiliser mon bras affaibli pour cette activité est aussi bonne qu'avant mon AVC »).

Pour chaque domaine (**Degré d'utilisation (AOU)** et **qualité du mouvement (QOM)**), une moyenne est réalisée sur la globalité des activités que le patient a pu réaliser (si l'occasion ne s'est pas présentée pour le patient de réaliser une activité, elle est retirée du calcul de moyenne). Afin de déterminer le niveau d'indépendance du patient pour réaliser ses activités de vie quotidienne, l'échelle MIF (Mesure de l'Indépendance Fonctionnelle) a été utilisée.

L'échelle **MIF (Mesure de l'indépendance fonctionnelle)**(56) interroge sur 6 catégories afin d'évaluer le niveau d'indépendance fonctionnelle du patient: les soins personnels, le contrôle des sphincters, la mobilité et transferts, la locomotion, la communication et le comportement social. Les deux dernières catégories correspondent à l'aspect cognitif de cette échelle alors que les autres catégories interrogent l'aspect moteur.

Chaque item comprend plusieurs items, cotés de 1 à 7, 1 correspondant à un besoin d'assistance total, 7, une indépendance totale pour réaliser l'activité.

Essais contrôlés randomisés :

Articles	Test(s) inclus(s)	Articles	Test(s) inclus(s)
Effects of robot therapy on upper body kinematics and arm function in persons post stroke: a pilot randomized controlled trial, publié en Janvier 2020 par Carpinella et <i>al</i>	FM-UE proximal, FM-UE distal, MAS proximale (grand pectoral et biceps brachial) et distale (fléchisseurs du carpe, fléchisseurs profonds des doigts et fléchisseurs superficiels des doigts)	Does hand robotic rehabilitation improve motor function by rebalancing interhemispheric connectivity after chronic stroke? Encouraging data from a randomised-clinical-trial, publié en Mai 2019 par Calabrò et <i>al</i>	FMA-UE et Nine-Hole Peg Test (NHPT)
Comparative Assessment of Two Robot-Assisted Therapies for the Upper Extremity in People With Chronic Stroke, publié en Janvier 2019 par Hung et <i>al</i>	FMA-UE, MAS et MAL	Effectiveness of Robot-Assisted Upper Limb Training on Spasticity, Function and Muscle Activity in Chronic Stroke Patients Treated With Botulinum Toxin: A Randomized Single-Blinded Controlled Trial, publié en Janvier 2019 par Gandolfi et <i>al</i>	MAS et FMA
Robotic-assisted therapy with bilateral practice improves task and motor performance in the upper extremities of chronic stroke patients: A randomised controlled trial, publié en Juin 2019 par Hsu et <i>al</i>	FMA-UE et MAL	Efficacy of robot-assisted fingers training in chronic stroke survivors: a pilot randomized-controlled trial, publié en Avril 2015 par Susanto et <i>al</i>	ARAT, WMFT et FMA

Tests correspondants aux hypothèses de recherche et employés dans les essais contrôlés inclus :

L'échelle **ARAT(Action Research Arm Test)**(57) a été retrouvée dans les articles inclus.

Le patient est assis sur une chaise d'une taille définie, et interagit avec des objets placés devant lui sur une taille de hauteur définie.

Elle consiste en la capacité ou non du patient à réaliser certains mouvements : la saisie d'objets de différentes tailles et les déplacer d'un contenant à un autre, tenir différents objets (Verre d'eau et transfert d'eau dans un autre verre, des tubes de différentes tailles, une rondelle au-dessus d'un boulon) et pincer une bille de différents diamètres puis la réalisation de mouvements globaux du membre supérieur (Main-bouche, Main devant et derrière la tête). Les différents objets sont placés préférentiellement du côté hémiplégique. Si l'item est réussi, 3 points sont remportés afin d'établir un score sur 57.

L'échelle **Nine Hole Peg Test(NHPT)**(58) est une évaluation proposée pour évaluer la dextérité des doigts.

Elle consiste, pour le patient, en un déplacement de 9 chevilles d'un récipient pour les insérer dans les trous d'une planche placée à la médiane du patient, devant lui. Le patient doit ensuite retirer ces mêmes chevilles afin de les replacer dans le récipient. Cet exercice est chronométré, c'est le temps qui aura été nécessaire pour réaliser ce test qui servira de cotation.

Wolf Motor Function Test(WMFT)(59) est adapté aux patients qui ont été victimes d'un AVC, et consiste en la réalisation de tâches fonctionnelles chronométrées afin d'évaluer les capacités motrices du membre supérieur, la force du patient et la qualité d'exécution du mouvement lors de différentes tâches.

Chacun des items est en premier temps effectué par le membre supérieur qui n'a pas été touché par l'AVC, puis le côté affecté effectue les tâches dans un second temps.

Chaque item est noté sur 6 points, variant entre 1 « N'arrive pas à faire l'épreuve avec le membre supérieur testé » et 6 « Est capable de réaliser l'épreuve, le mouvement semble normal ».

IV.4 Résultats des articles inclus

Revue de littérature avec méta-analyses :

Articles	Objectif(s) de la revue	Résultats de la revue (Pour les patients inclus dans la phase chronique)
<p>Robotic approaches for the rehabilitation of upper limb recovery after stroke: a systematic review and meta-analysis publié en Mars 2017 par Zhang <i>et al</i></p>	<p>Donner une évaluation objective de l'efficacité de la thérapie avec assistance robotique par rapport à une thérapie contrôle ou conventionnelle, en particulier sur la récupération des fonctions motrices par l'échelle Fugl-Meyer Assessment(FMA)</p>	<p>La 3ème méta-analyse de la revue nous indique que pour les patients en phase chronique de leur AVC, la récupération de la fonction motrice dans le groupe assistance avec robot est plus importante que dans le groupe thérapie conventionnelle (P=0,01).</p>
<p>Effects of robot-assisted upper limb rehabilitation in stroke patients: a systematic review with meta-analysis publié en Septembre 2017 par Bertani <i>et al</i></p>	<p>L'objectif principal est l'évaluation de la fonction du membre supérieur et du tonus musculaire, mesurés respectivement par la Fugl-Meyer Assessment (FMA) et la Modified Ashworth Scale (MAS). L'objectif secondaire est l'évaluation des activités de vie quotidienne par la MAL et la MIF.</p>	<p>8 études sur 14 incluent uniquement des patients en stade chronique, et montrent que la thérapie conventionnelle associée à la robotique par rapport à la thérapie conventionnelle a un effet significatif sur l'amélioration des capacités fonctionnelles du membre supérieur par la FMA (Fugl-Meyer Assessment) (0.26 [0.05; 0.47], p value = 0.01).</p> <p>2 études portent sur l'effet de l'assistance robotique pour la diminution de la spasticité, et il en résulte qu'elle ne réduit pas plus la spasticité que la rééducation contrôle chez les patients chroniques (Echelle MAS (0,17[-0,48;0,13], p = 0,25)</p> <p>4 études ont porté sur l'amélioration des activités de vie quotidienne par la MIF (Mesure de l'indépendance fonctionnelle) ou la MAL (Motor Activity Log), incluant 102 patients, aucune preuve n'est en faveur d'un effet supérieur de la thérapie conventionnelle associée à la robotique par rapport à la thérapie conventionnelle.(0.27 [-0.12; 0.66], p = 0.17)</p>

Essais contrôlés randomisés :

Articles	Objectif(s) de l'étude	Résultats de l'étude
Effects of robot therapy on upper body kinematics and arm function in persons post stroke: a pilot randomized controlled trial, publié en Janvier 2020 par Carpinella et <i>al</i>	Objectiver quelle rééducation fournit un meilleur score à la FM-UE proximale, FM-UE distale, MAS proximale (grand pectoral et biceps brachial) et distale (fléchisseurs du carpe, fléchisseurs profonds des doigts et fléchisseurs superficiels des doigts)	Le score obtenu à la portion proximale (épaule et coude) de la FMA-UE et le score obtenue à l'échelle MAS (proximale et distale) ont été significativement meilleurs pour le groupe robot que pour le groupe contrôle.
Comparative Assessment of Two Robot-Assisted Therapies for the Upper Extremity in People With Chronic Stroke, publié en Janvier 2019 par Hung et <i>al</i>	Objectiver quelle rééducation fournit un meilleur score à la FMA-UE, la MAS et la MAL.	FMA-UE : Amélioration significative des trois groupes en fin d'étude, amélioration significative pour le groupe IMT par rapport au groupe contrôle ($r=0,85$, $p<0,01$) dans l'analyse post-hoc avec un test U de Mann et Whitney. MAS: diminution significative dans le groupe IMT par rapport aux autres groupes, confirmés par le test de Kruskal-Wallis. MAL: Aucune différence significative entre les deux groupes.
Robotic-assisted therapy with bilateral practice improves task and motor performance in the upper extremities of chronic stroke patients: A randomised controlled trial, publié en Juin 2019 par Hsu et <i>al</i>	Mesurer une différence d'amélioration de qualité de mouvement et de pourcentage d'utilisation avec l'échelle MAL (Motor Activity Log), une amélioration des performances motrices et de la coordination du membre supérieur grâce au FMA.	Le groupe avec assistance robotique a montré une différence significative dans le score FMA pour le poignet et l'épaule ($p=0,003$) à la fin du protocole, et le score AOU ($p<0,001$), le score total de la FMA ($p=0,006$), la sous partie de la FMA concernant le poignet et l'épaule ($p<0,001$) à l'évaluation de suivi par rapport au groupe contrôle.

Articles	Objectif(s) de l'étude	Résultats de l'étude
<p>Does hand robotic rehabilitation improve motor function by rebalancing interhemispheric connectivity after chronic stroke? Encouraging data from a randomised-clinical-trial, publié en Mai 2019 par Calabrò et al</p>	<p>Objectiver quelle rééducation fournit un meilleur score à Fugl-Meyer Assessment for Upper Extremity (FMAUE) et à la Nine-Hole Peg Test (NHPT)</p>	<p>Différence significativement supérieure pour le groupe assisté par robot par rapport au groupe contrôle (score supérieur au FMA-UE et temps nécessaire pour compléter le NHPT inférieur avec $p < 0,001$ et $d = 0,9$ pour les deux tests).</p>
<p>Effectiveness of Robot-Assisted Upper Limb Training on Spasticity, Function and Muscle Activity in Chronic Stroke Patients Treated With Botulinum Toxin: A Randomized Single-Blinded Controlled Trial, publié en Janvier 2019 par Gandolfi et al</p>	<p>L'objectif principal était la progression des patients sur l'échelle MAS, L'objectif secondaire est la progression des patients sur l'échelle FMA.</p>	<p>MAS : les deux groupes ont diminué en spasticité sans différence significative entre les deux groupes. FMA : les deux groupes ont amélioré leurs capacités fonctionnelles sans différence significative entre les deux groupes.</p>
<p>Efficacy of robot-assisted fingers training in chronic stroke survivors: a pilot randomized-controlled trial, publié en Avril 2015 par A Susanto et al</p>	<p>L'objectif principal était la progression des patients sur l'échelle ARAT (afin d'évaluer le contrôle de la partie proximale du bras mais aussi la dextérité). Les objectifs secondaires sont la progression sur l'échelle Wolf Motor Function Test afin de mesurer les progrès sur les capacités fonctionnelles du membre supérieur, et l'échelle FMA pour la progression des performances motrices du membre supérieur.</p>	<p>La partie fonctionnelle du score WMFT (score et temps d'exécution) s'est améliorée de façon significativement plus importante pour le groupe avec assistance robotique que pour le groupe sans ($p = 0,017$). Les autres changements ne montrent pas de différence statistiquement significative entre les deux groupes.</p>

	FMA total	FMA-UE	ARAT	WMFT	9HPT	MAL	MIF	MAS
Zhang et al	Fi							
Bertani et al	Fi					Fi	Fi	Fi
Carpinella et al		Fi(E-C)						Fi
Hung et al		Fi				Fi		Fi
Hsu et al	Fi	Fi(E-P)				Fi		
	Fi+3	Fi+3(E-P) Fi+3(M)				QOM:Fi+3 AOU: Fi+3		
Calabro et al		Fi			Fi			
Gandolfi et al	Fi							Fi
A.Susanto et al	Fi	Fi (E-C)	Fi	Fi				
	Fi+6	Fi+6	Fi+6	Fi+6				
	Groupe avec assistance robotique significativement plus efficace		Main: portion de la main		Fi: Evaluation en fin d'intervention			FMA : Fugl-Meyer Assessment, UE : « Upper extremity » pour membre supérieur, ARAT : Action research test, WMFT : Wolf Motor Function test, NHPT : Nine hole peg test, MAL : Motor Activity Log(AOU: Amount of use, QOM: Quality of movement), MIF: Mesure de l'indépendance fonctionnelle, MAS: Modified Ashworth Scale
	Aucune différence significative entre les deux groupes		E-C: portion de l'épaule et du coude		Fi+3: Evaluation en fin de suivi à 3 mois			
	Groupe thérapie conventionnelle significativement plus efficace		E-P: portion de l'épaule et du poignet		Fi+6: Evaluation en fin de suivi à 6 mois			

Figure 14 : Tableau faisant synthèse des résultats par test utilisé, les revues de littérature sont présentées en premier, suivies des essais contrôlés randomisés.

VII Analyse des résultats

VII.1 Revues de littérature

Selon les revues de littérature(40,41), lors de l'évaluation des fonctions motrices par la **FMA**, la rééducation assistée par robot est plus efficace pour récupérer les capacités fonctionnelles du membre supérieur chez le patient hémiparétique post-AVC en phase chronique que la rééducation contrôlée selon l'échelle **FMA**.

Pour l'évaluation du tonus à l'étirement, la revue de littérature de Bertani et al(41) mentionne que le groupe robot a obtenu un score similaire au groupe contrôle dans l'évaluation du tonus musculaire à l'étirement selon l'échelle **MAS**.

Lors de l'évaluation de l'effet des thérapies sur les activités de vie quotidienne, la revue de littérature de Bertani et al(41) mentionne que le groupe robot a obtenu un score similaire au groupe contrôle dans l'évaluation de degrés d'utilisation du membre affaibli dans les activités de vie quotidienne et de sa qualité d'utilisation dans celles-ci.

Un certain nombre de biais sont cependant à noter pour intégrer ces résultats dans leurs contextes afin de conclure à l'éventuelle supériorité de l'efficacité d'une thérapie sur une autre.

Les deux revues(40,41) intègrent des études dont les thérapeutes et les patients ne sont pas en aveugle de la thérapie proposée, en effet, il est difficile de masquer l'utilisation ou non d'un dispositif robotique pour ces deux partenaires de rééducation. De plus, les résultats correspondants à ma problématique proviennent d'analyse de sous-groupe dans les deux revues, car elles intègrent toutes les deux plusieurs stades de l'AVC.

Concernant les biais présents dans une seule des revues, celle selon Bertani et al(41) a fusionné pour un des résultats de groupe avec assistance robotique, deux résultats obtenus avec deux robots différents. Cette même revue a aussi choisi de fusionner les résultats obtenus sur deux échelles (**MAL et MIF**) afin de proposer une appréciation de l'effet sur les activités de vie quotidienne.

La revue selon Zhang et al(40) précise qu'elle a intégré plusieurs études avec des patients à un même stade de leur AVC des mêmes auteurs et se déroulant aux mêmes établissements, elle pourrait avoir intégré plusieurs fois les mêmes patients sur plusieurs études différentes. La revue selon Bertani et al(41) a aussi inclus un même auteur mais travaillant sur des stades de l'AVC différents.

La revue selon Zhang et al(40) précise aussi que dans le cadre des études incluses incluant des patients chroniques, les protocoles des groupes avec assistance robotique substituent la thérapie conventionnelle par la thérapie avec robot, hors la revue selon Bertani et al(41) ne nous fournit pas de détail sur les modalités des interventions des groupes avec robot, ce qui ne nous permet pas de déterminer la part de la thérapie avec robot dans ces groupes.

Hors, il me semble important de préciser que pour la revue de Zhang et al(40), dans le cadre d'une méta-analyse incluant tous les stades de l'AVC et comparant un protocole de thérapie conventionnelle et assistance robotique, un protocole où la thérapie conventionnelle est substituée par la thérapie avec assistance robotique, et un protocole proposant uniquement de la thérapie conventionnelle, les résultats sont statistiquement meilleurs dans le protocole proposant une combinaison des deux thérapies. Cette différence pourrait provenir d'une intensité plus importante de rééducation.

VII.2 Essais contrôlés randomisés

Pour l'évaluation de l'effet de la rééducation sur les capacités fonctionnelles, trois études emploient le score global de la **FMA**, et quatre études utilisent la sous-partie se focalisant sur le membre supérieur. Une étude utilise la **NHPT**, une autre utilise aussi l'**ARAT** et la **WMFT**.

Pour le score global de la **FMA**, les trois études(44,46,47) obtiennent des résultats similaires pour le groupe avec assistance robotique et pour le groupe contrôle lors de l'évaluation de fin d'étude. Ces résultats ne permettent donc pas de conclure quant à l'efficacité de la thérapie avec assistance robotique dans ce domaine.

Pour la sous-partie de la **FMA** concernant le membre supérieur (**FMA-UE**), 4 études sur 5 mentionnant cette évaluation concluent à une supériorité de la thérapie assistée avec robot par rapport à la thérapie conventionnelle. Il est important de noter qu'un de ces résultats ne concerne uniquement que la partie proximale (coude et épaule), une autre ne concernant que l'épaule et le poignet.

Cependant, dans l'étude de Hsu et *al*(44), le score **FMA** concernant la main et les doigts a été évalué comme statistiquement supérieur dans le groupe contrôle par rapport au groupe robot, que ce soit en fin d'étude ou encore lors de l'évaluation de contrôle à 3 mois.

Il est aussi important de préciser quand l'étude de Hung et *al*(43), le robot InMotion 3 a permis d'observer une amélioration statistiquement significative par rapport au groupe contrôle pour la **FMA-UE**, mais pas avec le robot Bi-Manu-Track.

L'évaluation des capacités fonctionnelles par la **NHPT** dans l'étude de Calabró et *al* (45) conclut à la supériorité de la thérapie avec assistance robotique sur la thérapie conventionnelle dans le cas de patients en phase chronique de leur AVC.

L'évaluation des capacités fonctionnelles par l'**ARAT** dans l'étude de Susanto et *al*(47) conclut que la thérapie avec assistance robotique est aussi efficace que la thérapie conventionnelle, alors que lors de l'évaluation de suivi proposée après cette étude, seul le groupe ayant bénéficié de la thérapie assistée avec robot a pu conserver une différence significative avec les valeurs cliniques obtenues avant l'étude. Cependant, la comparaison entre les deux groupes n'a pas permis de conclure à la supériorité de la thérapie ayant employé le robot dans ce cadre.

Cette même étude(47) utilise aussi la **WMFT** qui conclut que la thérapie avec assistance robotique est supérieure à la thérapie conventionnelle à la fin de l'étude que ce soit sur le score obtenu ou le temps pour exécuter le test, cependant aucune différence entre les deux groupes n'a pu être observée sur cette évaluation lors de l'évaluation de suivi.

Pour l'évaluation du tonus musculaire à l'étirement, trois études emploient la **MAS**. L'étude de Carpinella et *al*(42) et celle de Hung et *al*(43) (pour le robot InMotion 3, non significatif pour le robot Bi-Manu-Track) concluent à la supériorité de la thérapie avec assistance robotique sur la thérapie conventionnelle alors que celle selon Gandolfi

et *al*(46) conclue que les deux thérapies ont permis de réduire la spasticité chez les deux groupes de patients de manière significative sans observer de différence d'efficacité entre les deux thérapies.

Pour l'évaluation de l'effet de la rééducation sur les activités de vie quotidienne, deux études(43,44) utilisent la **MAL**.

Pour le score concernant la partie du degré d'utilisation du membre supérieur affecté (**AOU**), l'étude selon Hsu et *al*(44) indique que les deux thérapies (assistance robotique et thérapie conventionnelle) ont toutes deux montré des progrès que ce soit à la fin de l'étude et au suivi à 3 mois, la thérapie avec assistance robotique a montré des meilleurs résultats que la thérapie conventionnelle sans être statistiquement significatifs à la fin de l'étude mais significatifs lors de l'évaluation de suivi à 3 mois.

Pour la partie concernant la qualité du mouvement dans les activités de vie quotidienne (**QOM**), l'étude selon Hsu et *al*(44) indique que le groupe avec assistance robotique a progressé de manière significative à la fin de l'étude contrairement au groupe avec thérapie conventionnelle, cependant, la comparaison entre les deux groupes ne permet pas de déduire à une différence statistiquement significative, ni à la fin de l'étude, ni à l'évaluation de suivi des trois mois.

L'étude selon Hung et *al*(43) quant à elle précise que le groupe employant le robot Bi-Manu-Track a pu observer des progrès significatifs dans les deux domaines de la **MAL**, contrairement à la thérapie du groupe assisté par l'InMotion 3.0 et celle du groupe contrôle, cependant, aucune différence significative entre les trois groupes n'a pu être observée.

Plusieurs points semblent importants à noter :

Dans l'étude de Carpinella et *al*(42), les échantillons pris en compte pour les résultats sont tirés d'une analyse de sous-groupe et comprend donc des échantillons moins représentatifs (22 patients sur 38 inclus dans cette étude sont en phase chronique) ce qui peut influencer sur les résultats présentés. De plus, dans cette étude, les deux protocoles semblent avoir les mêmes effets sur les fonctions motrices évaluées par la **FMA-UE**, cependant, lorsqu'on sépare les résultats pour la partie proximale (Epaule et coude) et la partie distale (Poignet et doigts) du membre supérieur, on retrouve un effet statistiquement supérieur pour le groupe avec assistance robotique sur la partie proximale.

Dans l'étude de Hung et al(43), il est important de noter qu'un biais sur une différence d'adhérence à la thérapie selon les protocoles a été déclaré par les thérapeutes. De plus, dans le cadre de cette étude, l'échantillon de patient (10 patients par groupe) est statistiquement insuffisant pour conclure de façon certaine à la supériorité d'une thérapie par rapport à une autre, cependant les données cliniques avant interventions étant comparables, il reste possible dans ce cadre d'émettre un avis à ce sujet.

Dans l'étude de Hsu et al(44), il n'est pas proposé dans le protocole du groupe avec assistance robotique d'exercices de tâche visant à effectuer ou imiter une activité de vie quotidienne, ce qui est proposé dans le groupe contrôle. De plus, le groupe contrôle a proposé des tâches où le patient a pu stimuler la main et les doigts comme l'exercice consistant à ramasser des haricots avec la main ou une cuillère. Ces données peuvent venir en partie expliquer pourquoi le groupe contrôle a statistiquement plus progressé dans le score attribué à la main et aux doigts que le groupe avec assistance robotique dans les deux évaluations, mais aussi pourquoi on ne peut retrouver de différence significative entre les deux groupes pour la sous-partie de la **MAL** sur le degré d'utilisation du membre (**AOU**) affecté à l'évaluation de fin d'étude ainsi que pour la qualité de mouvement (**QOM**) à l'évaluation de fin d'étude et à celle de suivi à trois mois.

Dans l'étude de Gandolfi et al(46), il est important de noter que le groupe avec assistance robotique a sollicité uniquement l'articulation de l'épaule dans deux dimensions dû aux caractéristiques du robot Armotion, alors que le groupe contrôle a pu proposer de la rééducation dans les trois dimensions pour l'épaule. Cette donnée est à prendre en compte pour interpréter l'équivalence d'efficacité entre les deux protocoles proposés par cette étude sur les évaluations **FMA** et **MAS**.

Dans l'étude de Susanto et al(47), l'auteur indique que l'absence de différence entre les deux groupes pour la **FMA-UE** et le score **ARAT** malgré que le groupe avec assistance robotique soit le seul ayant réussi à maintenir les progrès obtenu à 6 mois après l'étude, proviendrait du fait que les capacités des patients n'étaient pas similaires au début de l'étude. Ainsi procéder à la même étude en incluant des échantillons plus larges permettrait de limiter ce biais, il serait alors intéressant de comparer l'étude actuelle avec celle-ci afin de déterminer si ce biais a influé sur les résultats aux évaluations cliniques.

VII.3 Retour sur les hypothèses

Je vais maintenant faire un point pour déterminer s'il est possible au vu des présentes données de répondre aux hypothèses définies en début de réflexion.

Pour rappel, cette recherche avait pour but de répondre à deux hypothèses principales, **la première** : « L'utilisation d'un robot dans la rééducation du patient hémiparétique post-AVC phase chronique permet une récupération supérieure à une rééducation classique des capacités fonctionnelles du membre supérieur chez ce patient » **et a pu être vérifiée.**

En effet, les données présentées dans les études incluses semblent tendre vers une efficacité supérieure de la thérapie avec assistance robotique par rapport à la thérapie conventionnelle pour la rééducation des capacités fonctionnelles chez le patient post-AVC en phase chronique.

Les tests cliniques pouvant répondre à cette hypothèse dans les articles sélectionnés sont la **FMA** et la sous-partie de ce score se focalisant sur le membre supérieur, l'**ARAT**, la **WMFT** et la **NHPT**.

En effet, les deux méta-analyses(40,41) ont observé une différence statistiquement significative en faveur du groupe avec assistance robotique par les résultats des analyses et de la synthèse des évaluations **FMA** des études incluses dans ces revues.

De plus, la majorité des essais contrôlés randomisés inclus dans cette revue semblent du même avis, comme indiqué précédemment, Carpinella et *al*(42), Hung et *al*(43), Hsu et *al*(44) et Calabró et *al*(45) présentent une supériorité de la thérapie avec assistance robotique sur la thérapie conventionnelle pour la sous-partie de la **FMA** se focalisant sur le membre supérieur(**FMA-UE**).

L'étude de Calabró et *al*(45) présente une supériorité du groupe avec assistance robotique par rapport au groupe conventionnel pour l'évaluation **NHPT**, l'étude de Gandolfi et *al*(46) présente la même supériorité pour l'évaluation **WMFT** en fin d'étude.

A contrario, les études de Gandolfi et *al*(46) et celle de Susanto et *al*(47) présentent une équivalence entre ces deux thérapies dans leur évaluation du score global de la **FMA**, l'étude de Gandolfi et *al*(46) présente la même équivalence pour le score

ARAT et **FMA-UE** en fin d'étude et lors d'une évaluation de suivi à 6 mois, et pour le score **WMFT** lors de cette évaluation de suivi.

Cependant, ces deux études présentent des biais importants, l'étude de Gandolfi et al(46) compare deux protocoles de rééducation qui présentent des différences de modalités de rééducation importantes (Rééducation de l'articulation de l'épaule dans deux dimensions dûe aux caractéristiques du robot Armotion, alors que le groupe contrôle a pu proposer de la rééducation dans les trois dimensions pour l'épaule), l'étude de Susanto et al(47) a été publiée en 2015 alors que les autres essais contrôlés randomisés que j'ai pu intégrer ont été publiés entre 2019 et 2020, les progrès ayant eu lieu dans cette période ont pu permettre l'invention de nouveaux dispositifs plus performants et donc des prises en charge plus efficace en utilisant ces outils novateurs de rééducation.

L'étude de Hsu et al(44) présente des résultats contradictoires, elle présente une équivalence entre les thérapies avec assistance robotique et thérapie contrôle pour le score **FMA** global lors de l'évaluation de fin d'étude et une supériorité de la thérapie avec assistance robotique lors de l'évaluation de suivi à 3 mois. De plus, malgré une supériorité dans l'évaluation **FMA-UE** de la thérapie avec assistance du robot sur la thérapie conventionnelle pour les articulations du poignet et de l'épaule, elle présente le résultat contraire pour le score portant sur la main et les doigts. Cependant, le dispositif utilisé, Bi-Manu-Track, ne permet pas une rééducation individualisée des doigts ce qui peut expliquer cette dernière donnée.

La seconde hypothèse principale : « L'utilisation d'un robot dans la rééducation du membre supérieur du patient hémiparétique post-AVC en phase chronique permet une récupération supérieure à une rééducation classique du membre supérieur dans l'objectif des capacités à effectuer ses activités de vie quotidienne » **n'a pas été démontrée.**

Avec les données présentées dans les études incluses, les résultats tendent vers une efficacité équivalente de la thérapie avec dispositif robotique par rapport à la thérapie conventionnelle pour la récupération des capacités à effectuer ses activités de vie quotidienne chez le patient post-AVC en phase chronique.

Les tests cliniques pouvant répondre à cette hypothèse dans les articles sélectionnés sont la **MAL** et la **MIF**.

Les résultats de la revue de la littérature avec méta-analyses selon Bertani et *al*(41) incluant des évaluations par les deux échelles précédemment citées vont dans le sens d'une efficacité équivalente des thérapies avec assistance robotique et thérapies conventionnelles.

De plus, l'étude selon Hung et *al*(43) confirme les données de cette étude sur ses résultats à la **MAL**.

L'étude selon Hsu et *al*(44), montre des résultats contradictoires, elle indique que pour l'évaluation à la fin de l'étude les deux thérapies sont équivalentes, cependant elle indique une supériorité de la thérapie avec assistance robotique uniquement lors d'une évaluation de suivi effectuée 3 mois après la fin des protocoles pour la sous-partie de la **MAL** sur le degré d'utilisation (**AOU**) du membre affecté. Cette dernière évaluation a aussi été effectuée pour la sous-partie de la **MAL** concernant la qualité de mouvement (**QOM**) et a encore une fois montré une efficacité équivalente des deux thérapies.

L'hypothèse secondaire : « L'utilisation d'un robot dans la rééducation du membre supérieur du patient hémiparétique post-AVC en phase chronique permet une diminution plus importante de la spasticité du membre supérieur qu'une rééducation classique de ce membre » possède des éléments de preuve contradictoires et **n'a donc pu être vérifiée**.

Le test clinique pouvant répondre à cette hypothèse dans les articles sélectionnés est la **MAS**.

En effet, la revue de littérature de Bertani et *al*(41) et l'essai contrôlé randomisé de Gandolfi et *al*(46) présentent des résultats où la thérapie avec assistance robotique et la thérapie conventionnelle semblent obtenir des progrès statistiquement équivalents pour les deux groupes, alors que les essais contrôlés randomisés de Carpinella et *al*(42) et de Hung et *al*(43) présentent une supériorité de la thérapie avec assistance robotique sur la thérapie conventionnelle.

Deux des études(42,43) les plus récentes incluses dans cette revue semblent présenter des effets en faveur d'une supériorité de la thérapie avec l'usage du robot, effets qui n'apparaissaient pas auparavant, il pourrait être intéressant de réaliser des études incluant des dispositifs robotiques bénéficiant des dernières améliorations en matière de technologie afin d'évaluer plus précisément l'intérêt de la thérapie avec assistance robotique dans ce domaine.

VIII Discussion

Les articles qui ont été inclus dans cette étude devaient répondre à des critères précis : des articles en langue anglaise ou française, dont la date de publication est située entre le 01/01/2015 et le 11/04/2020, et devant présenter la comparaison entre une rééducation avec assistance robotique et une rééducation dite conventionnelle afin de répondre à au moins une des hypothèses de recherche. Sont exclus les articles ajoutant à la rééducation avec dispositif robotique, une autre technique n'étant pas validée dans les recommandations de la HAS. De plus, 6 études répondant à ces critères ne proposent pas de résultats et ont donc été exclues. Ces choix restreignent les articles inclus, ce qui crée un biais de sélection à considérer lors de l'interprétation des conclusions de cette revue.

Les articles présentés dans cette étude ont inclus plusieurs biais, tous les articles inclus ont leurs thérapeutes et leurs patients conscients de la thérapie administrée, plusieurs résultats sont proposés pour des échantillons jugés trop petits ou issus d'analyses de sous-groupes afin de se concentrer sur les patients en phase chronique, deux essais contrôlés randomisés (Gandolfi et *al*(46) et Hsu et *al*(44)) ont proposés des différences entre les deux types de rééducation importantes.

Malgré ces biais, il a été possible de donner un avis favorable pour la rééducation avec assistance du robot par rapport à la rééducation conventionnelle pour la rééducation fonctionnelle du membre supérieur du patient post-AVC en phase chronique, en particulier pour les articulations proximales (épaule et coude). Il serait intéressant de mettre en place de nouvelles études portant sur la rééducation fonctionnelle de la main, et incluant un dispositif articulé sollicitant spécifiquement les articulations des doigts bénéficiant des dernières avancées technologiques afin de s'assurer de l'efficacité

supérieure de la thérapie avec assistance robotique pour l'ensemble des articulations du membre supérieur.

Cet outil de rééducation semble alors être prometteur pour la rééducation fonctionnelle chez ces patients, cependant, elle ne parvient pas à leur proposer une meilleure récupération de leurs capacités à effectuer leurs activités de vie quotidienne que la thérapie conventionnelle dans le cadre de cette revue de littérature non systématique. Cependant, il est intéressant de remarquer que le seul article(44) proposant une évaluation rigoureuse du maintien des acquis à long terme semble suggérer un bénéfice supérieur de la thérapie avec assistance robotique à 3 mois après la fin de l'intervention. Il semble que pour que les patients réinvestissent avec succès les progrès fonctionnels acquis lors de leur rééducation dans leurs activités de vie quotidienne, un certain temps est nécessaire à ce transfert de savoir-faire. Ainsi, il serait intéressant pour prouver une éventuelle supériorité de la thérapie avec assistance robotique dans ce domaine et chez ces patients de réaliser une nouvelle étude réalisant dans les mêmes conditions, une évaluation à posteriori de l'étude.

Dans cette même logique, concernant l'évaluation du score total de la **FMA** et l'évaluation de la sous-partie ne concernant que le membre supérieur (**FMA-UE**), seulement deux études vont évaluer le maintien des progrès par cette évaluation, et elles procèdent à leur évaluation de suivi à des moments différents (3 mois pour Hsu et al(44), et 6 mois pour Susanto et al(47)), il est donc difficile de conclure sur un éventuel maintien des progrès sur l'aspect fonctionnel du membre supérieur en ne regardant que cette évaluation sans outil de comparaison. Une autre étude (Calabró et al(45)) présente quelques données sur le suivi car certains patients sont revenus après l'étude pour évaluation, 3 mois après l'étude et semble établir que la thérapie avec robot permettrait un meilleur maintien des progrès cliniques (**FMA** et **NHPT**) que la thérapie conventionnelle, cependant le nombre de patients évalués dans ce cadre étant trop faible et incomplet par rapport aux protocoles, il est impossible de conclure à ce sujet dans ce cadre. Il serait alors intéressant de procéder à des études complémentaires pour pouvoir conclure sur l'efficacité de la thérapie avec assistance robotique dans le maintien des acquis de rééducation.

Cependant, au sujet de la lutte contre la spasticité, les études actuelles ne permettent pas de conclure quant à la supériorité de la rééducation avec assistance robotique sur la rééducation conventionnelle. Les études les plus récentes semblent cependant être prometteuses à ce sujet. Certaines études comme celle de Qian et al(60) ont déjà repris ce concept en incluant une nouvelle caractéristique: l'emploi d'électrostimulation fonctionnelle en addition à la robotique. Ce concept, dont l'efficacité en tant que moyen de rééducation du membre supérieur chez les patients ayant eu un AVC reste à prouver(9), semble, lorsqu'il est proposé en addition de la thérapie avec assistance robotique chez des patients post-AVC en phase chronique, procurer une récupération des capacités fonctionnelles que ce soit à la fin de l'étude, ou au suivi à trois mois. Cette même étude conclut de plus, que ce procédé permet de réduire significativement la spasticité au niveau du poignet (en fin d'étude uniquement) ainsi qu'au poignet (en fin d'étude mais aussi progrès conservés à 3 mois). Il semble alors intéressant d'intégrer ce concept lors de l'élaboration d'études ultérieures, afin d'optimiser les gains lors de la rééducation fonctionnelle ou de la lutte contre la spasticité chez ces patients.

Un dernier point me semble important à présenter : le critère de l'intensité de rééducation dans ces groupes. Il est recommandé de par le HAS de procéder pour le patient post-AVC à la rééducation la plus intensive dès le début de la phase sub-aigüe afin d'obtenir la meilleure récupération possible. Cependant, les études incluses dans cette revue ne proposent pas toutes la même intensité de rééducation avec des différences notables (des séances de 2 à 5 fois par semaine, d'une durée de 45 à 180 minutes, réparties sur 4 à 12 semaines). Ces études considèrent aussi certaines modalités différentes, la majorité des études choisissent d'opposer la rééducation avec assistance robotique seule à la rééducation conventionnelle, alors qu'il pourrait être intéressant d'opposer une rééducation avec assistance robotique et rééducation conventionnelle à une rééducation conventionnelle seule. En effet, les exercices assistés par le robot peuvent être effectués majoritairement en autonomie chez les patients sans troubles cognitifs, ajouter la modalité avec assistance robotique à celle de la thérapie conventionnelle résulterait en une augmentation de l'intensité de la rééducation chez ces patients et donc probablement de leur récupération fonctionnelle et motrice.

IX Conclusion

La rédaction de cette revue de littérature non systématique avait pour vocation de tenter d'apporter des réponses sur l'utilisation de la robotique comme outil de rééducation, en se concentrant sur trois domaines prioritaires en rééducation neurologique : la rééducation fonctionnelle, la récupération des capacités à exercer ses activités de vie quotidienne et la lutte contre la spasticité.

Il n'est pas possible avec les données présentées dans cette revue de conclure sur une efficacité de la rééducation avec assistance robotique supérieure à la rééducation conventionnelle pour les deux autres domaines. Plusieurs améliorations des protocoles expérimentaux présentés pourraient permettre d'obtenir de nouvelles données répondant à cet objectif : l'emploi d'un dispositif robotique intégrant toutes les articulations du membre supérieur, dans tous les degrés de libertés, associé à un protocole d'électrostimulation fonctionnelle, proposer en plus de cette rééducation, des séances de rééducation conventionnelle afin de favoriser l'intensité de celle-ci ainsi que de réaliser un suivi des patients rééduqués sur le long terme.

Cependant, malgré différents biais, une réponse pour le premier domaine a pu être apportée, la rééducation avec assistance robotique est plus efficace que la rééducation conventionnelle ou classique, cela peut-être dû à une intensité plus soutenue ou encore une aptitude à adapter l'assistance fournie au patient pour sa rééducation plus fine que celle fournie par le thérapeute. Il est dès lors intéressant de proposer cet outil de rééducation aux patients en phase chronique de leur AVC pour un objectif de rééducation fonctionnelle de leur membre supérieur affecté.

Devant le manque de moyens prouvés comme efficace pour la rééducation des patients post-AVC, le résultat de cette revue de littérature semble ouvrir de nouvelles pistes pour favoriser la récupération fonctionnelle du membre supérieur chez ces patients. Moi-même intéressé par le domaine de la kinésithérapie neurologique, ce travail m'a permis d'acquérir de nouvelles connaissances dans ce champ de la rééducation ainsi que dans le domaine de la recherche. Je souhaite ainsi intégrer le résultat de ce travail dans ma pratique future par une formation dans l'utilisation de la robotique en rééducation neurologique afin de promouvoir l'utilisation d'un outil qui a prouvé son efficacité.

X Bibliographie

1. Anne Claire N. Méthode de KABAT-7 [Internet]. Elsevier Connect. 2017 [cité 7 nov 2019]. Disponible sur: <https://www.elsevier.com/fr-fr/connect/kine-osteo/methode-de-kabat-7>
2. Bobath France. Bobath France - Le Concept Bobath [Internet]. Conept Bobath. [cité 7 nov 2019]. Disponible sur: <http://www.bobath-france.fr/bobath/concept-bobath>
3. La méthode Perfetti : une autre approche thérapeutique pour la rééducation des patients hémiplegiques - EM|consulte [Internet]. [cité 7 nov 2019]. Disponible sur: <https://www.em-consulte.com/en/article/136110>
4. Haute Autorité de Santé. Accident vasculaire cérébral : méthodes de rééducation de la fonction motrice chez l'adulte. Haute Autorité de Santé; 2012 juin p. 236.
5. Inc B. InMotion ARM™ :: Bionik Laboratories Corp. (BNKL) [Internet]. [cité 4 mai 2020]. Disponible sur: <https://www.bioniklabs.com/products/inmotion-arm>
6. GT II [Internet]. Reha-Stim. [cité 5 mai 2020]. Disponible sur: <https://reha-stim.com/fr/gt-ii/>
7. LokoHelp - Medimex [Internet]. [cité 5 mai 2020]. Disponible sur: <https://www.medimex.fr/lokohelp.html>
8. S.Alamowitch et al. Les référentiels des collèges : Neurologie [Internet]. 2016 [cité 10 nov 2019]. Disponible sur: <https://www-elsevierelibrary-fr.scd-proxy.univ-brest.fr/pdfreader/neurologie74674>
9. HAS (Haute autorité de santé). Accident vasculaire cérébral : Recommandations : Méthodes de rééducation de la fonction motrice chez l'adulte Juin 2012 [Internet]. [cité 16 janv 2020]. Disponible sur: https://www.has-sante.fr/jcms/c_1334330/fr/accident-vasculaire-cerebral-methodes-de-reeducation-de-la-fonction-motrice-chez-l-adulte
10. Accident vasculaire cérébral (AVC) | Inserm - La science pour la santé [Internet]. [cité 10 nov 2019]. Disponible sur: <https://www.inserm.fr/information-en-sante/dossiers-information/accident-vasculaire-cerebral-avc>
11. EXPLORATION DES ACCIDENTS VASCULAIRES ISCHÉMIQUES À LA PHASE AIGUË. /data/revues/01509861/00260003/200/ [Internet]. 10 mars 2008 [cité 4 mai 2020]; Disponible sur: <https://www.em-consulte.com/en/article/119568>
12. Qu'est-ce que la thrombectomie ? [Internet]. AVC Paris Sud. 2017 [cité 4 mai 2020]. Disponible sur: <http://hopitaux-paris-sud.aphp.fr/avcparissud/quest-ce-que-la-thrombectomie/>
13. Légaré S, Hôpital du Sacré-Coeur (Montréal Q, Département de médecine préhospitalière, Urgences-santé, Québec (Province), Services préhospitaliers d'urgence. Protocoles d'intervention clinique à l'usage des techniciens ambulanciers-

paramédics 2013: l'approche préhospitalière au patient présentant un AVC aigu probable [Internet]. 2014 [cité 4 mai 2020]. Disponible sur: <http://collections.banq.qc.ca/ark:/52327/2384835>

14. Lecoffre C. L'accident vasculaire cérébral en France : patients hospitalisés pour AVC en 2014 et évolutions 2008-2014. :11.
15. Journée Mondiale AVC [Internet]. sfnv. [cité 5 mai 2020]. Disponible sur: <https://www.societe-francaise-neurovasculaire.fr/journee-mondiale-avc>
16. O'Donnell MJ, Chin SL, Rangarajan S, Xavier D, Liu L, Zhang H, et al. Global and regional effects of potentially modifiable risk factors associated with acute stroke in 32 countries (INTERSTROKE): a case-control study. *The Lancet*. août 2016;388(10046):761-75.
17. XHARDEZ Y. Vade-mecum de kinesithérapie et de reéducation fonctionnelle. 7^e éd. Maloine; 2015. 1467 p.
18. Satel posture - Les plateformes de forces [Internet]. [cité 16 janv 2020]. Disponible sur: http://www.satel-posture.com/index.php?option=com_content&view=article&id=67&Itemid=145&lang=fr
19. Bonita R, Beaglehole R. Recovery of motor function after stroke. *Stroke*. déc 1988;19(12):1497-500.
20. Langhorne P, Bernhardt J, Kwakkel G. Stroke rehabilitation. *The Lancet*. mai 2011;377(9778):1693-702.
21. Nakayama H, Jørgensen HS, Raaschou HO, Olsen TS. Compensation in recovery of upper extremity function after stroke: The Copenhagen Stroke Study. *Arch Phys Med Rehabil*. août 1994;75(8):852-7.
22. Hendricks HT, van Limbeek J, Geurts AC, Zwarts MJ. Motor recovery after stroke: A systematic review of the literature. *Arch Phys Med Rehabil*. nov 2002;83(11):1629-37.
23. Riah L, Elanbari Y, Khadir A, Lmidmani F, Elfatimi A. Évaluation fonctionnelle du membre supérieur hémiparétique après un accident vasculaire cérébral : revue de la littérature. *Ann Phys Rehabil Med*. oct 2012;55:e23.
24. CISMef. HeTOP [Internet]. Centre Hospitalo-Universitaire de Rouen; [cité 4 mai 2020]. Disponible sur: https://www.hetop.eu/hetop/#rr=MSH_D_012371&q=robotique
25. Colombo R, Pisano F, Micera S, Mazzone A, Delconte C, Carrozza MC, et al. Robotic Techniques for Upper Limb Evaluation and Rehabilitation of Stroke Patients. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*. sept 2005;13(3):311-24.
26. Jarassé N. Contributions à l'exploitation d'exosquelettes actifs pour la rééducation neuromotrice. :183.

27. Nef T, Mihelj M, Riener R. ARMin: a robot for patient-cooperative arm therapy. *Med Biol Eng Comput.* 8 sept 2007;45(9):887-900.
28. Indice de BARTHEL [Internet]. [cité 1 mai 2020]. Disponible sur: <https://www.kine-services.com/kine-services/bilans/barthel.htm>
29. Scopus - Document search [Internet]. [cité 5 mai 2020]. Disponible sur: <https://www-scopus-com.scd-proxy.univ-brest.fr/search/form.uri?zone=TopNavBar&origin=resultslist&display=basic>
30. Advanced Search | Cochrane Library [Internet]. [cité 5 mai 2020]. Disponible sur: <https://www.cochranelibrary.com/advanced-search>
31. pubmeddev. Home - PubMed - NCBI [Internet]. [cité 5 mai 2020]. Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>
32. Recherche PICO en pratique – CISMef [Internet]. [cité 5 mai 2020]. Disponible sur: <http://www.chu-rouen.fr/cismef/2007/06/recherche-pico-en-pratique/>
33. HAS (Haute autorité de santé). Évaluation fonctionnelle de l'AVC [Internet]. 2006. Disponible sur: https://www.has-sante.fr/plugins/ModuleXitiKLEE/types/FileDocument/doXiti.jsp?id=c_271170
34. Échelle PEDro (Français) [Internet]. [cité 31 déc 2019]. Disponible sur: <https://www.pedro.org.au/french/downloads/pedro-scale/>
35. Gedda M. Traduction française des lignes directrices PRISMA pour l'écriture et la lecture des revues systématiques et des méta-analyses. *Kinésithérapie Rev.* janv 2015;15(157):39-44.
36. Statistiques de PEDro (Français) [Internet]. PEDro. [cité 25 mars 2020]. Disponible sur: <https://www.pedro.org.au/french/downloads/pedro-statistics/>
37. UBO(Université de Bretagne Occidentale). La norme Vancouver pour la présentation des bibliographies en santé [Internet]. 2012. Disponible sur: [ubodoc.univ-brest.fr > uploads > 2013/11 > Vancouver4](http://ubodoc.univ-brest.fr/uploads/2013/11/Vancouver4)
38. Zotero | Your personal research assistant [Internet]. [cité 5 mai 2020]. Disponible sur: <https://www.zotero.org/>
39. HAS (Haute autorité de santé). Niveau de preuve et gradation des recommandations de bonne pratique [Internet]. 2013 [cité 15 avr 2020]. Disponible sur: [www.has-sante.fr > upload > docs > application > pdf](http://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf)
40. Zhang C, Li-Tsang CWP, Au RKC. Robotic approaches for the rehabilitation of upper limb recovery after stroke: a systematic review and meta-analysis. *Int J Rehabil Res.* mars 2017;40(1):19-28.
41. Bertani R, Melegari C, De Cola MC, Bramanti A, Bramanti P, Calabrò RS. Effects of robot-assisted upper limb rehabilitation in stroke patients: a systematic review with meta-analysis. *Neurol Sci.* sept 2017;38(9):1561-9.

42. Carpinella I, Lencioni T, Bowman T, Bertoni R, Turolla A, Ferrarin M, et al. Effects of robot therapy on upper body kinematics and arm function in persons post stroke: a pilot randomized controlled trial. *J NeuroEngineering Rehabil.* déc 2020;17(1):10.
43. Hung C, Hsieh Y, Wu C, Lin K, Lin J, Yeh L, et al. Comparative Assessment of Two Robot-Assisted Therapies for the Upper Extremity in People With Chronic Stroke. *Am J Occup Ther.* 12 janv 2019;73(1):7301205010p1.
44. Hsu H, Chiu H, Kuan T, Tsai C, Su F, Kuo L. Robotic-assisted therapy with bilateral practice improves task and motor performance in the upper extremities of chronic stroke patients: A randomised controlled trial. *Aust Occup Ther J.* oct 2019;66(5):637-47.
45. Calabrò RS, Accorinti M, Porcari B, Carioti L, Ciatto L, Billeri L, et al. Does hand robotic rehabilitation improve motor function by rebalancing interhemispheric connectivity after chronic stroke? Encouraging data from a randomised-clinical-trial. *Clin Neurophysiol.* mai 2019;130(5):767-80.
46. Gandolfi M, Valè N, Dimitrova EK, Mazzoleni S, Battini E, Filippetti M, et al. Effectiveness of Robot-Assisted Upper Limb Training on Spasticity, Function and Muscle Activity in Chronic Stroke Patients Treated With Botulinum Toxin: A Randomized Single-Blinded Controlled Trial. *Front Neurol.* 31 janv 2019;10:41.
47. Susanto EA, Tong RK, Ockenfeld C, Ho NS. Efficacy of robot-assisted fingers training in chronic stroke survivors: a pilot randomized-controlled trial. *J NeuroEngineering Rehabil.* déc 2015;12(1):1-9.
48. Hidler J, Nichols D, Pelliccio M, Brady K. Advances in the Understanding and Treatment of Stroke Impairment Using Robotic Devices. *Top Stroke Rehabil.* avr 2005;12(2):22-35.
49. ROBOTIQUE DE RÉÉDUCATION DU MEMBRE SUPÉRIEUR DE L HÉMIPLÉGIQUE. I Laffont, D Mottet, F Coroian, J Froger, J Pelissier Montpellier/Nîmes - PDF Free Download [Internet]. [cité 5 mai 2020]. Disponible sur: <https://docplayer.fr/56772904-Robotique-de-reeducation-du-membre-superieur-de-l-hemiplegique-i-laffont-d-mottet-f-coroian-j-froger-j-pelissier-montpellier-nimes.html>
50. Nef T, Guidali M, Klamroth-Marganska V, Riener R. ARMin - Exoskeleton Robot for Stroke Rehabilitation. In: Dössel O, Schlegel WC, éditeurs. *World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, September 7 - 12, 2009, Munich, Germany* [Internet]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2009 [cité 5 mai 2020]. p. 127-30. (Magjarevic R. IFMBE Proceedings; vol. 25/9). Disponible sur: http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-03889-1_35
51. ARMin – Arm Rehabilitation Robotics [Internet]. [cité 4 mai 2020]. Disponible sur: <https://sms.hest.ethz.ch/research/current-research-projects/armin-robot.html>
52. Sanchez RJ, Wolbrecht E, Smith R, Liu J, Rao S, Cramer S, et al. A Pneumatic Robot for Re-Training Arm Movement after Stroke: Rationale and Mechanical Design. In: *9th International Conference on Rehabilitation Robotics, 2005 ICORR 2005*

[Internet]. Chicago, IL, USA: IEEE; 2005 [cité 5 mai 2020]. p. 500-4. Disponible sur: <http://ieeexplore.ieee.org/document/1501151/>

53. Revue détaillée de la Fugl-Meyer Assessment (FMA) [Internet]. Stroke Engine. [cité 5 mai 2020]. Disponible sur: <https://www.strokingengine.ca/fr/indepth/revue-detaillee-du-fugl-meyer-assessment-fma/>
54. Revue détaillée de la Motor Assessment Scale (MAS) [Internet]. Stroke Engine. [cité 5 mai 2020]. Disponible sur: <https://www.strokingengine.ca/fr/indepth/revue-detaillee-de-la-motor-assessment-scale-mas/>
55. Motor Activity Log (MAL) - Revue détaillée [Internet]. Stroke Engine. [cité 5 mai 2020]. Disponible sur: <https://www.strokingengine.ca/fr/indepth/motor-activity-log-mal-revue-detaillee/>
56. Revue détaillée de la Mesure de l'Indépendance Fonctionnelle (MIF) [Internet]. Stroke Engine. [cité 5 mai 2020]. Disponible sur: <https://www.strokingengine.ca/fr/indepth/revue-detaillee-de-la-mesure-de-lindependance-fonctionnelle-mif/>
57. Revue détaillée de l'Action Research Arm Test (ARAT) [Internet]. Stroke Engine. [cité 5 mai 2020]. Disponible sur: <https://www.strokingengine.ca/fr/indepth/revue-detaillee-du-action-research-arm-test-arat/>
58. Nine Hole Peg Test (NHPT) [Internet]. Stroke Engine. [cité 5 mai 2020]. Disponible sur: <https://www.strokingengine.ca/fr/assess/nine-hole-peg-test-nhpt/>
59. Wolf Motor Function Test (WMFT) [Internet]. Stroke Engine. [cité 5 mai 2020]. Disponible sur: <https://www.strokingengine.ca/fr/assess/wolf-motor-function-test-wmft/>
60. Qian Q, Nam C, Guo Z, Huang Y, Hu X, Ng SC, et al. Distal versus proximal - an investigation on different supportive strategies by robots for upper limb rehabilitation after stroke: a randomized controlled trial. *J NeuroEngineering Rehabil.* déc 2019;16(1):64.

SOMMAIRE DES ANNEXES

- **ANNEXE 1** : Tableau d'extraction des données pour les revues de littérature incluses
- **ANNEXE 2** : Tableau d'extraction des données pour les essais contrôlés randomisés inclus
- **ANNEXE 3** : Evaluation qualitative des revues systématiques de la littérature incluses par l'échelle PRISMA.
- **ANNEXE 4** : Evaluation qualitative des essais contrôlés inclus par l'échelle PEDro.

ANNEXE N°1

Tableau d'extraction des données pour les revues de littérature incluses

Titre de l'article	Références de l'article	Objectif(s) de la revue et temporalité de la revue	Critères d'inclusion des articles (Synthèse)	Caractéristiques moyennes des patients inclus (en phase chronique)

Principaux dispositifs robotiques rencontrés pour les patients en phase chronique	Principales modalités de rééducation choisies (pour les patients en phase chronique)	Intensité de la rééducation et fréquence (pour les patients inclus en phase chronique)	Résultats de la revue (pour les patients inclus en phase chronique)	Limites

ANNEXE N°2

Tableau d'extraction des données pour les essais contrôlés randomisés inclus

Titre de l'article	Date de publication et type d'étude	Critères d'inclusion des patients	Précisions sur la rééducation avec robot employée	Précisions sur la rééducation classique employée	Intensité de la rééducation proposée

Dispositif robotique employé	Objectif(s) de l'étude	Test(s) fonctionnels employés	Résultats de l'étude	Limite(s) abordée(s)

ANNEXE N°3

Evaluation qualitative des essais contrôlés inclus par l'échelle PEDro

Critères PEDro	Susanto et <i>al</i> , Avril 2015	Hung et <i>al</i> , Janvier 2019	Calabrò et <i>al</i> , Mai 2019	Carpinella et <i>al</i> , Janvier 2020	Hsu et <i>al</i> , Juin 2019	Gandolfi et <i>al</i> , janvier 2019
Les critères d'éligibilité ont été précisés.	non	oui	oui	oui	oui	oui
Les sujets ont été répartis aléatoirement dans les groupes.	oui	oui	oui	oui	oui	oui
La répartition a respecté une assignation secrète.	non	oui	oui	oui	oui	oui
Les groupes étaient similaires au début de l'étude au regard des indicateurs pronostiques les plus importants.	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Tous les sujets étaient "en aveugle".	non	non	non	non	non	non
Tous les thérapeutes ayant administré le traitement étaient "en aveugle".	non	non	non	non	non	non
Tous les examinateurs étaient "en aveugle" pour au moins un des critères de jugement essentiels.	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Les mesures, pour au moins un des critères de jugement essentiels, ont été obtenues pour plus de 85% des sujets initialement répartis dans les groupes.	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Tous les sujets pour lesquels les résultats étaient disponibles ont reçu le traitement ou ont suivi l'intervention contrôle conformément à leur répartition ou, quand cela n'a pas été le cas, les données d'au moins un des critères de jugement essentiels ont été analysées "en intention de traiter".	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Les résultats des comparaisons statistiques intergroupes sont indiqués pour au moins un des critères de jugement essentiels.	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Pour au moins un des critères de jugement essentiels, l'étude indique à la fois l'estimation des effets et l'estimation de leur variabilité	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Score total PEDro	7 sur 10	8 sur 10	8 sur 10	8 sur 10	8 sur 10	8 sur 10

ANNEXE N°4

Evaluation qualitative des revues systématiques de la littérature incluses par l'échelle PRISMA

Critères PRISMA	Robotic approaches for the rehabilitation of upper limb recovery after stroke: a systematic review and meta-analysis, publié en Mars 2017 par Zhang et al	Effects of robot-assisted upper limb rehabilitation in stroke patients: a systematic review with meta-analysis, publié en Septembre 2017 par Bertani et al
1) TITRE	oui	oui
2) RESUME STRUCTURE	oui	oui
3) CONTEXTE	oui	oui
4) OBJECTIFS	oui	oui
5) PROTOCOLE ET ENREGISTREMENT	oui	oui
6) CRITERES D'ELIGIBILITE	oui	oui
7) SOURCES D'INFORMATION	oui	oui
8) RECHERCHE	oui	oui
9) SELECTION DES ETUDES	oui	oui
10) EXTRACTION DES DONNEES	oui	oui
11) DONNEES	oui	oui
12) RISQUE DE BIAIS INHERENT A CHAQUE ETUDE	oui	oui
13) QUANTIFICATION DES RESULTATS	oui	oui
14) SYNTHESE DES RESULTATS	oui	oui
15) RISQUE DE BIAIS TRANSVERSAL AUX ETUDES	oui	oui
16) ANALYSES COMPLEMENTAIRES	non	non
17) SELECTION DES ETUDES	oui	oui
18) CARACTERISTIQUES DES ETUDES SELECTIONNEES	oui	oui
19) RISQUE DE BIAIS RELATIF AUX ETUDES	oui	non
20) RESULTATS DE CHAQUE ETUDE	oui	oui
21) SYNTHESE DES RESULTATS	oui	oui
22) RISQUE DE BIAIS TRANSVERSAL AUX ETUDES	non	non
23) ANALYSE COMPLEMENTAIRE	non	oui
24) SYNTHESE DES NIVEAUX DE PREUVE	non	non
25) LIMITES	oui	oui
26) CONCLUSIONS	oui	oui
27) FINANCEMENTS	oui	oui
SCORE TOTAL PRISMA	22 sur 27	23 sur 27

NOM : LE CORRE

Prénom : Eric

Titre : Intérêt de la robotique dans la rééducation fonctionnelle du membre supérieur chez les patients victimes d'un accident vasculaire cérébral

Introduction: Le but de cette étude est de déterminer si un dispositif robotique peut être un outil efficace pour la rééducation fonctionnelle du membre supérieur chez le patient post-AVC en phase chronique. **Matériel et méthodes :** Une revue non systématique de la littérature a alors été rédigée comparant l'efficacité de la thérapie avec assistance robotique et de la thérapie conventionnelle sur le membre supérieur de ces patients. Les critères d'inclusion suivants ont été appliqués : articles rédigés en Anglais ou en Français, publiés après les dernières recommandations de la HAS sur le sujet, les articles incluent soit un « manipulandum » (où le patient et le robot n'ont qu'une surface de contact) soit un exosquelette ou les deux, résultats présentés pour des patients post-AVC en phase chronique. **Résultats :** 8 articles sur 291 ont remplis les critères d'inclusion et indiquent que la rééducation avec assistance robotique est statistiquement plus efficace que la rééducation conventionnelle pour la récupération fonctionnelle de ces patients. Toutefois, les résultats présentés ne permettent pas de conclure à ce sujet pour la récupération de la capacité à effectuer ses activités de vie quotidienne (AVQ), ou sur la diminution de la spasticité. **Conclusion :** En résumé, ces dispositifs robotiques semblent être des outils de rééducation fonctionnelle prometteurs pour le membre supérieur de ces patients, cependant, des études supplémentaires sont nécessaires pour interroger l'effet sur la capacité à effectuer ses AVQ ou sur la diminution de la spasticité.

Introduction: The aim of this study is to evaluate if a robot could be an effective tool of functional rehabilitation for post stroke patients paretic upper limb, especially for those in the chronic stage of their stroke. **Material and methods:** A non-systematic review of literature has been achieved by exploiting results on comparison between post stroke upper limb rehabilitation which used a robot and the conventional one. Following inclusion criteria were used: articles written in English or French language and published after last HAS recommendations from 2012 on this topic were included, the robot used was a "Manipulandum" or end-effector, and results must be provided for the chronic stage of the stroke. **Results:** 8 articles over 291 fulfilled inclusion criteria. Results showed that upper limb rehabilitation with robot use is more effective to improve functional skills than conventional one for post stroke patients in chronic stage. However, there are neither proof that this rehabilitation is better than conventional one to increase the ability to perform daily life activities nor decrease spasticity. **Conclusion:** To sum up, robotic devices seems to be a promising tool for upper limb post stroke functional rehabilitation at post stroke chronic stage, however further investigations are needed for the effect on ability to perform activities of daily living or decreasing spasticity.

Mots-clés : AVC, membre supérieur, chronique, robot, fonctionnelle

Keywords: stroke, upper limb, chronic, robot, functional

INSTITUT DE FORMATION EN MASSO-KINESITHERAPIE

22 avenue Camille Desmoulins, 29238 Brest CEDEX 3

TRAVAIL ECRIT DE FIN D'ETUDES – 2016 - 2020