

Table des matières

1	Introduction	1
1.1	Intérêt d'une revue de littérature sur la réalité virtuelle appliquée en kinésithérapie dans le domaine de la neurologie	1
1.2	Anatomie du système artériel cérébral	1
1.3	Accident vasculaire cérébral	3
1.3.1	AVC ischémique.....	4
1.3.1.1	Tableau clinique en fonction des artères touchées	4
1.3.1.2	Etiologie de l'ischémie.....	5
1.3.2	AVC hémorragique	5
1.3.2.1	Tableau clinique en fonction des artères touchées	5
1.3.2.2	Etiologie des hémorragies	6
1.4	Facteurs de risque [21].....	7
1.5	Rééducation du patient hémiplégique.....	7
1.6	Plasticité cérébrale	9
1.7	Apprentissage.....	9
1.7.1	Limites de l'apprentissage.....	10
1.7.2	Apprentissage moteur et hémiplégie.....	10
1.8	Les outils de rééducation	11
1.9	La réalité virtuelle.....	12
1.10	Outils de mesure étudiés dans la revue systématique	13
1.10.1	Fugl - Meyer- Upper - Extremity - Scale	13
1.10.2	Box & Block Test BBT.....	14
2	Méthode	14
2.1	Critères d'éligibilité des études pour cette revue	15
2.1.1	Population	15
2.1.2	Intervention et Comparateur	15
2.1.3	Outcome	16
2.2	Méthodologie de recherche des données	16
2.3	Extraction et analyse des données.....	18
2.3.1	Sélection des études	18
2.3.2	Extraction des données	18
2.3.3	Evaluation de la qualité méthodologique des études sélectionnées	19
2.3.4	Méthode de synthèse des résultats	19
3	Résultats	20
3.1	Etape de recherche des études	20
3.2	Description des études sélectionnées selon le modèle PICO	21
3.2.1	Population	21
3.2.2	Intervention.....	22

3.2.3	Comparateur	22
3.2.4	Outil de mesure utilisé pour évaluer le critère de jugement.....	23
3.3	Risques de biais des études incluses	25
3.4	Effets de l'intervention.....	26
3.4.1	Taille de l'effet des études utilisant FMA-UE	27
3.4.1.1	YOUNG BIN 2019[45]	27
3.4.1.2	PIRON 2009[46].....	28
3.4.1.3	DA SILVA 2015[47].....	30
3.4.1.4	THIELBAR 2014[48].....	32
3.4.2	Taille de l'effet des études utilisant B&B test	33
3.4.2.1	YOUNG BIN 2019[45]	33
3.4.2.2	ENG 2018[49]	35
3.4.2.3	ZONDERVAN 2016[50].....	37
4	Discussion	38
4.1	Analyse des principaux résultats.....	38
4.1.1	Comparaison entre les études utilisant FMA-UE	38
4.2	Comparaison entre les études utilisant Box & Block test	45
4.3	Applicabilité des résultats en pratique clinique.....	51
4.3.1	Effets positifs vs effets négatifs de la réalité virtuelle	51
4.3.2	Rapport coût/efficacité	51
4.4	Qualité des preuves.....	52
4.5	Biais potentiels de la revue	53
4.5.1	Un modèle PICO applicable dans un champ clinique plus large ?	53
4.5.1.1	Population	53
4.5.1.2	Intervention.....	53
4.5.1.3	Comparateur	53
4.5.1.4	Critère de jugement et Outil de mesure	53
4.5.2	Analyse critique	54
4.5.3	Grille AMSTAR	55
5	Conclusion.....	57
5.1	Implication pour la pratique clinique	57
5.2	Implication pour la recherche	57
6	Bibliographie	59

1 Introduction

1.1 Intérêt d'une revue de littérature sur la réalité virtuelle appliquée en kinésithérapie dans le domaine de la neurologie

De par ses nombreux tableaux cliniques possibles, la neurologie est une spécialité en médecine qui offre à la kinésithérapie un large choix de thérapie.

L'évolution thérapeutique, en lien avec un essor majeur des nouvelles technologies, laisse émerger de nombreuses innovations thérapeutiques pouvant être utilisées en rééducation neurologique.

C'est le cas de la réalité virtuelle utilisée comme thérapie en neurologie centrale, notamment dans la rééducation motrice du patient hémiplégique victime d'un accident vasculaire cérébral.

La rééducation par réalité virtuelle pourrait apporter certains avantages par rapport à une rééducation conventionnelle. Ludique, elle entretiendrait la motivation des patients. Représentative des activités de la vie quotidienne par la diversité des tâches proposées, elle permettrait une rééducation beaucoup plus fonctionnelle possible à mettre en place en milieu hospitalier ou en centre de rééducation.[1]

C'est pourquoi il nous a semblé intéressant d'étudier, à travers cette revue systématique, si cette innovation thérapeutique a un rôle efficace ou non sur la récupération motrice du membre supérieur du patient hémiplégique, comparativement à une rééducation conventionnelle.

1.2 Anatomie du système artériel cérébral

La vascularisation cérébrale est assurée par deux principaux réseaux artériels : le réseau antérieur représenté par les deux carotides internes, et le réseau postérieur représenté par les artères vertébrales.[2]

L'artère carotide interne, de manière symétrique, provient de la division de l'artère carotide commune[3], qui est, elle-même, une branche du tronc brachiocéphalique issu de la crosse de l'aorte. Elle naît depuis la quatrième vertèbre cervicale et évolue jusqu'à l'étage moyen de la base du crâne formé par l'os sphénoïde et les deux os temporaux. Cette artère donne l'artère ophtalmique, principale collatérale, et plusieurs branches terminales : l'artère cérébrale antérieure, l'artère cérébrale moyenne ou sylvienne, l'artère choroïdienne antérieure, l'artère communicante postérieure.[4]

L'artère cérébrale antérieure, par de multiples divisions, assure la vascularisation des noyaux antérieurs de l'hypothalamus, une partie des noyaux gris centraux (noyau caudé, putamen et pallidum), la capsule interne (comprises entre ces noyaux) et les lobes frontaux.

L'artère cérébrale moyenne, par de multiples divisions, assure la vascularisation des noyaux de la base, de la capsule interne, de la capsule extrême et du claustrum, mais aussi des territoires frontaux et temporaux ainsi que des territoires pariétaux inférieurs.

Les artères vertébrales droites et gauches naissent depuis la sixième vertèbre cervicale et évoluent jusqu'au sillon bulbo-protubérentiel (situé entre le bulbe rachidien, ou moelle allongée, et la protubérance annulaire) où elles vont fusionner entre elles pour donner le tronc basilaire. Ce tronc se divise ensuite en deux artères cérébrales postérieures.

Avant leur fusion, les artères vertébrales donnent une collatérale, l'artère spinale, qui assure la vascularisation d'une partie de la moelle allongée et des territoires profonds du cervelet.

Le tronc basilaire assure la vascularisation du pont du tronc cérébral et des pédoncules cérébraux supérieurs et moyens, du cortex cérébelleux et d'une partie des noyaux cérébelleux.[5]

L'artère cérébrale postérieure assure la vascularisation des pédoncules cérébraux (faisant partie du mésencéphale et siège du faisceau pyramidal et de des voies motrices), du thalamus, du troisième ventricule, de l'hippocampe (rôle majeur dans le processus de mémorisation) ainsi qu'une partie du lobe occipital et du lobe temporal.

En résumé : Le réseau artériel antérieur assure la vascularisation des yeux, des noyaux de la base, d'une partie de l'hypothalamus, des régions frontales, pariétales, et d'une grande partie des lobes temporaux.

Le réseau artériel postérieur assure la vascularisation du tronc cérébral, du cervelet, de l'oreille interne et d'une partie de l'hypothalamus, du thalamus, des lobes occipitaux et temporaux.

Les deux réseaux artériels s'anastomosent entre eux : [6]

- L'artère communicante antérieure relie les deux artères cérébrales antérieures.
- Les artères communicantes postérieures s'unissent aux artères cérébrales postérieures pour former le polygone de Willis.[4] Cet hexagone se situe au niveau de la face inférieure du cerveau et permet d'assurer des suppléances. Cependant son efficacité peut être réduite par des variations anatomiques limitant le nombre de divisions artérielles.
- L'artère ophtalmique s'anastomose à l'artère faciale, branche de l'artère carotide externe.

Il existe aussi de nombreuses petites artères péri-cérébrales, appelées artères perforantes ou nourrissantes du cerveau, mais leur connexion insuffisante empêche toute compensation en cas d'occlusion.

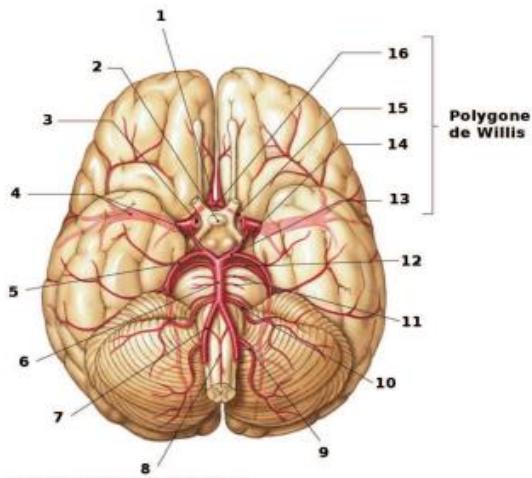


Figure 1: Système artériel cérébral de la base du cerveau/polygone de Willis.

(1) Artère cérébrale antérieure.
(2) Tige pituitaire.
(3) Artère carotide interne.
(4) Artère cérébrale moyenne.
(5) Artère cérébrale postérieure.
(6) Artère basilaire.
(7) Artère vertébrale.
(8) Artère spinale antérieure.
(9) Artère cérébelleuse postéro-inférieure.
(10) Artère cérébelleuse antéro-inférieure.
(11) Artères pontiques.
(12) Artère cérébelleuse supérieure.
(13) Artère cérébrale postérieure.
(14) Artère communicante postérieure.
(15) Artère cérébrale antérieure.
(16) Artère communicante antérieure.

[4]

1.3 Accident vasculaire cérébral

« L'accident vasculaire cérébral AVC est la conséquence d'une perturbation aiguë des fonctions cérébrales, focale ou parfois généralisée, provoquée par un processus pathologique vasculaire » [2]

En France, plus de 140 000 nouveaux cas d'accidents vasculaires cérébraux sont dénombrés chaque année. L'AVC est la première cause de handicap physique acquis chez l'adulte, la deuxième cause de démence (après la maladie d'Alzheimer) et la deuxième cause de mortalité (après le cancer) où près d'un quart des personnes décèdent dans l'année suivant l'AVC. L'AVC constitue donc un problème majeur de santé publique.

L'âge moyen de survenue d'un AVC est de 74 ans mais cependant, 25% des patients ont moins de 65 ans et 10% ont moins de 45 ans. Le nombre de jeune affecté par un AVC a considérablement augmenté ces dernières années [7].

Il existe deux types d'accidents vasculaires : soit ischémique par obstruction d'une artère cérébrale, soit hémorragique par rupture. Quelle que soit l'origine, l'apport oxydatif et nutritif est interrompu ; ce qui endommage les tissus cérébraux [8] et cause une perte des fonctions cérébrales. Dans les premières minutes suivant l'AVC, les dommages tissulaires restent près de la zone obstruée ou en hémorragie. La « zone de pénombre » entoure le périmètre accidenté et ses dommages sont réversibles si la circulation sanguine est rétablie en moins de six heures suivant l'AVC. Deux millions de neurones environ meurent chaque minute.[9]

La cause ischémique est la plus fréquente (85%), puis en suit la cause hémorragique que ce soit dans le cas d'une hémorragie spontanée intracérébrale (15%) ou bien de celui d'une hémorragie méningée (5%). Dans de rares cas, l'infarctus cérébral peut être d'origine veineuse. Ces thromboses veineuses cérébrales surviennent à tout âge mais nombreuses sont concernées les jeunes femmes associant contraceptif hormonal et tabac.[7]

On classe les accidents vasculaires cérébraux en 3 phases selon l'ancienneté de l'atteinte :

- AVC aigu lorsque l'accident est inférieur à quatorze jours.
- AVC subaigu lorsque l'accident est compris entre quinze jours et six mois.
- AVC chronique lorsque l'accident est supérieur à six mois.

En fonction de la zone du cerveau touchée et de la gravité de l'accident vasculaire, les conséquences seront plus ou moins importantes. La mort subite peut être causée lorsque la gravité de l'AVC est majeure.[10]

1.3.1 AVC ischémique

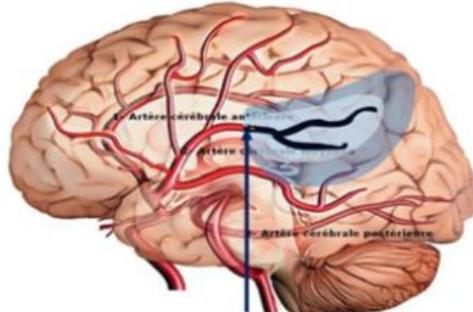


Figure 2: AVC ischémique[9]

1.3.1.1 Tableau clinique en fonction des artères touchées

Les tableaux cliniques varient en fonction [6]:

- De la durée d'occlusion : dans la plupart des cas le thrombus est définitif et nécrose le territoire touché. Parfois l'occlusion ne dure que quelques minutes puis se désagrège : les signes neurologiques régresseront sur quelques semaines ou seront même parfois transitoires en cas de temps d'occlusion très bref.
- Du siège : plus l'occlusion est proche du cerveau, plus l'apparition de signes neurologiques sera probable.

Les tableaux cliniques en lien avec une occlusion du territoire carotidien, et du territoire vertébro-basilaire sont détaillés en *annexe 1*.

En résumé : un AVC ischémique situé dans l'hémisphère cérébral droit est associé à une hémiplégie sensorimotrice gauche avec troubles visuels et héminégligence gauche. A contrario, un AVC ischémique dans l'hémisphère cérébral gauche est associé à une hémiplégie sensorimotrice droite et troubles du langage.[9]

1.3.1.2 Etiologie de l'ischémie

➤ Embolie (70% des AVC ischémiques):

Cette embolie peut être :

- D'origine athérosclérosique [15]: il se détache de la plaque d'athérome présente sur les gros tuyaux artériels, tels que la crosse de l'aorte ou bien une grosse artère extra-crânienne (artère carotide commune, artère carotide interne, artère vertébrale...)
 - D'origine cardiaque : suite à une fibrillation auriculaire ou à un infarctus du myocarde.
- Thrombus (25% des AVC ischémiques): les artères terminales de la substance blanche sont le plus souvent concernées par cette affection, soit à cause d'une lésion athéromateuse, soit à cause d'un lipohyalinose (épaississement de la paroi vasculaire par une couche lipidique à l'origine de nécrose)[15]. Cette atteinte se retrouve souvent dans un contexte d'hypertension artérielle ou de diabète.

1.3.2 AVC hémorragique

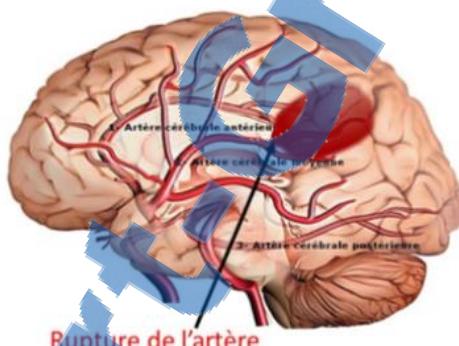


Figure 3: AVC hémorragique[9]

Il existe trois types d'hémorragie : hémorragie cérébelleuse, hémorragie intracérébrale et hémorragie intraventriculaire[2]. Les hémorragies cérébrales sont les plus fréquentes, puis en suivent les hémorragies méningées et plus rarement les hémorragies intraventriculaires. Les symptômes cliniques varient en fonction de la localisation et de l'étendue de l'hémorragie.

1.3.2.1 Tableau clinique en fonction des artères touchées

Ces hémorragies intracérébrales vont être responsables d'hématomes compressibles altérant diverses structures parenchymateuses à l'origine de signes cliniques multiples. Lorsque le diamètre de l'hémorragie est supérieur à 3 cm, on parle d'hématome qui provoquera une hypertension intracrânienne. Une hémorragie est dite *importante* lorsqu'elle inonde les structures anatomiques adjacentes. Cette hémorragie est en général fatale lorsqu'elle est supérieure à 85 ml de volume.[16]

Quelle que soit la structure cérébrale altérée, le patient est sujet à des céphalées, vomissements, nausées, convulsions et troubles de la conscience.

A ces symptômes généraux s'ajoutent des signes cliniques spécifiques à la structure atteinte[2], détaillés en *annexe 2*.

1.3.2.2 *Etiologie des hémorragies*

Dans le cas des hémorragies méningées, la cause la plus fréquente de rupture d'une artère cérébrale est celle par rupture d'anévrysme, qui est associée à un vieillissement des artères appelé *artériosclérose*. Ces dilatations artérielles sont principalement localisées à la base du crâne, au niveau des bifurcations de l'artère carotide interne, de l'artère communicante antérieure et de l'artère cérébrale moyenne.

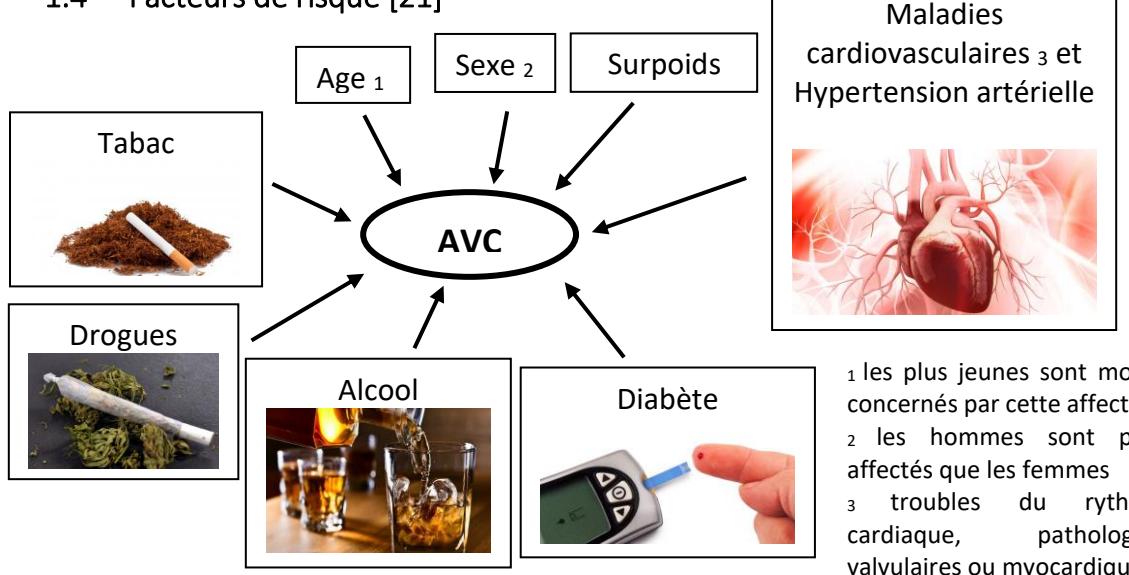
D'autres étiologies sont possibles telles que l'hypertension artérielle, les traumatismes crâniens, et par dilatations et saignements des angiomes[19]. Les angiomes sont des malformations artério-veineuses congénitales associant artères, veines et shunts artério-veineux pathologiques.

Les hémorragies intracérébrales sont, quant à elles, le plus souvent provoquées par hypertension artérielle. Cette hypertension est responsable d'hémorragie massive causée par rupture de micro-anévrismes multiples ou par endommagement répété des artéioles. D'autres causes sont possibles telles que les ruptures d'anévrisme massif, les saignements d'angiomes, les troubles de la coagulation, les vascularites cérébrales, les thromboses veineuses cérébrales, les tumeurs et métastases cérébrales, les traumatismes crâniens, ainsi que la toxicomanie et l'alcoolisme[16]. Ces hémorragies intracérébrales peuvent aussi être spontanées et superficielles par rupture récidivante des parois vasculaires, dans le cadre d'un angiopathie amyloïde cérébrale.

En résumé, l'accident vasculaire cérébral apporte de nombreux tableaux cliniques dont les troubles sont multiples : [6]

- Altération de la motricité volontaire, spasticité et syncinésie caractéristiques du syndrome pyramidal par atteinte de la voie pyramidale. Les syncinésies, ou mouvements involontaires et inconscients réalisés lors de mouvements volontaires et conscients, peuvent être globales d'effort (co-contraction des muscles du membre hémiplégique ou de l'hémicorps, lors d'un effort du côté sain ou hémiplégique), d'imitation (reproduction du mouvement côté sain par le côté hémiplégique) ou de coordination (contraction grossière d'un membre initié sur une contraction volontaire et ciblée).
- Exagération des réflexes de défense, secondaire au syndrome pyramidal.
- Altération de la sensibilité superficielle et/ou profonde et engourdissement.
- Troubles associés : confusion, visuels[20], vésico-sphinctériens, atteinte des fonctions supérieures (aphasie de Broca et de Wernicke, apraxie, agnosie, dysarthrie,...). L'apraxie pouvant être idéatoire (gestes de tous les jours), idéomotrices (gestes à valeur expressive), réflexive (gestes de plus en plus complexes), constructive (réaliser un dessin), ou d'habillage.

1.4 Facteurs de risque [21]



1.5 Rééducation du patient hémiplégique

La Haute Autorité de Santé (HAS) a élaboré des recommandations de bonne pratique clinique, en termes de rééducation du patient hémiplégique et qui coïncident avec la phase (aiguë, subaiguë, chronique) dans laquelle se trouve le patient.

Elle recommande que « *la rééducation motrice soit mise en place dès que possible, sans se limiter à une approche exclusive, quel que soit le stade de la prise en charge* » et « *de miser dès le départ sur l'éducation thérapeutique du patient et de son entourage afin d'optimiser et de pérenniser les résultats de la rééducation.* ». [22]

Précocité, intensité et continuité de rééducation sont les trois mots clefs de l'HAS, afin de permettre au patient de progresser au mieux et de retourner le plus rapidement à son domicile. Les possibilités d'amélioration varient d'un à deux ans.

La **stimulation permanente** du patient est un autre point clef de la rééducation. Le thérapeute doit en permanence motiver le patient très souvent déprimé et anxieux et ne jamais le mettre en situation d'échec.

La rééducation doit être très progressive et utiliser des méthodes de stimulations neuro-motrices et de lutte contre les troubles orthopédiques.[6]

En ce qui concerne la posture corporelle et la récupération du membre inférieur hémiplégique, il est recommandé que la rééducation se fasse sur un minimum de trois heures par jours dont deux heures en lien avec des activités de la vie quotidienne[23]. L'ensemble de ces méthodes permet de travailler la statique posturale corrigée et la dynamique du patient ; le but étant l'acquisition progressive de la station assise, des divers transferts (assis-debout, debout-assis, assis-assis), de la position debout et enfin de la marche et de l'équilibre statique et dynamique[24]. La rééducation du membre supérieur est basée sur les mêmes méthodes précédemment énoncées et sa finalité a un but tout aussi fonctionnel.

Les stimulations neuro-motrices combinent à la fois l'activité passive répétée uni ou bilatérale qui stimule les aires motrices associées[25], et la répétition active de tâches motrices calquées sur les activités de la vie quotidienne[23].

Soixante-dix pour cent des patients hémiplégiques présentent une altération sensorimotrice majeure causée par l'AVC. Cette déficience est à l'origine de limitations importantes dans les activités de la vie quotidienne, et en terme de qualité de vie par perte d'autonomie.[26] Ainsi, la rééducation du patient hémiplégique est **longue** et **soutenue**. Elle repose sur une **collaboration interdisciplinaire** (psychologues, ergothérapeutes, médecins, kinésithérapeutes, orthophonistes...) qui inclut les proches et la famille du patient. Le travail de l'équipe de soin se fait sur la base d'objectifs à atteindre, nécessaires pour permettre au patient d'acquérir un maximum d'autonomie dans l'ensemble de ses activités de la vie quotidienne et de réintégrer son domicile[27].

Plusieurs lieux de parcours de soins peuvent être proposés au patient en fonction de la gravité de l'atteinte et de ses répercussions sur les capacités fonctionnelles[24] : les centres de réadaptation avec programme de réhabilitation intensif, les services de soins infirmiers avec programme de rééducation léger, l'hospitalisation, la rééducation à domicile, ou l'externat.

Les informations précédentes sont résumées ci-dessous - figure 4 :

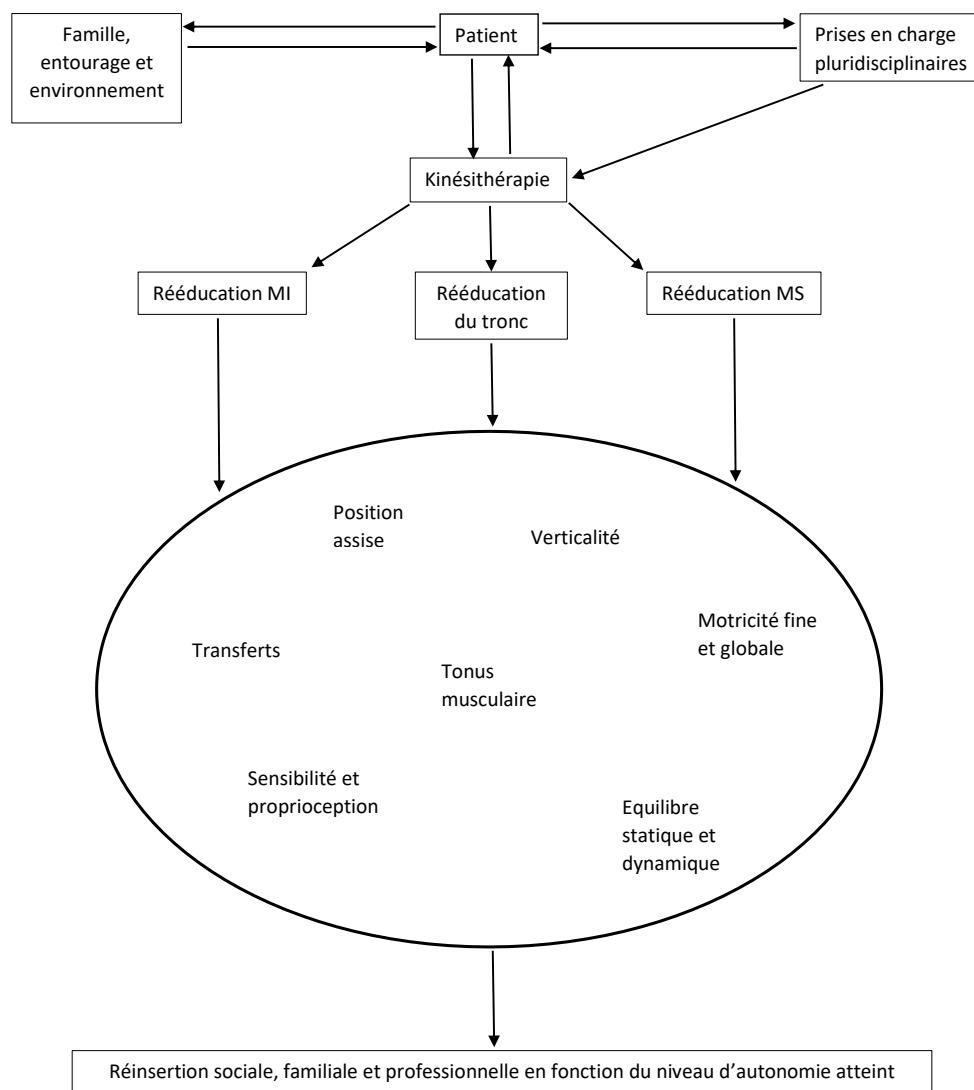


Figure 4 : Parcours de soin du patient hémiplégique.

MI : membre inférieur - MS : membre supérieur

1.6 Plasticité cérébrale

On ne peut parler de rééducation du patient hémiplégique sans parler de plasticité cérébrale post lésionnelle. La plasticité cérébrale correspond à des « *variations architectoniques des neurones observables du Système Nerveux Central, se traduisant par une réorganisation s'effectuant sous l'effet d'une force extérieure et ou par contraintes de l'environnement* », définie ainsi par le neuroscientifique Edward Taub. Il décrit deux types de plasticité cérébrale post lésionnelle[25] :

- La **plasticité post-lésionnelle de réparation** ou « *apprentissage par l'inactivité* » : il s'agit d'un détournement de fonction suite à une non utilisation motrice. Cette amnésie fonctionnelle fait que les structures neuronales correspondantes sont affectées à d'autres tâches nouvellement pratiquées voire nécessaires.
- La **plasticité post-lésionnelle fonctionnelle** : ces tâches vont devenir, par la répétition, des activités fonctionnelles. Ces fonctions développent et occupent de nouvelles structures neuronales qui elles-mêmes développent la plasticité cérébrale. Dans ce cadre, la rééducation, va “piloter la récupération” en jouant sur l’activité et sur l’inactivité.

La plasticité cérébrale est mise en œuvre lors des apprentissages et renforce les synapses : le cerveau évolue tout au long de la vie[28]. La diversité des exercices de rééducation s'appuie sur ces deux types de plasticité post-lésionnelle dans le but d'optimiser la récupération motrice. C'est durant les trois premiers mois post-AVC que la neuro-plasticité est à son apogée ; à ce moment-là, le cerveau est comparable à un cerveau de nouveau-né en termes de capacité de connexions synaptiques : il est prêt à apprendre et à établir de nouvelles connexions. Cette **neuro-plasticité** joue un **rôle essentiel** dans la récupération. Après trois mois, le potentiel de récupération décroît lié à une diminution du processus neuro-plastique ; les possibilités de récupération existent encore mais se feront à un rythme plus lent[27].

1.7 Apprentissage

La rééducation du patient hémiplégique repose en partie sur l'**apprentissage moteur**.

Comme chez l'enfant, cet apprentissage repose sur l'observation d'un mouvement dans le but de l'imiter. Autrement dit, les informations visuelles participent à la conception du geste et interfèrent avec la boucle d'apprentissage **Essai-Erreur**. Cet apprentissage est modulé par nos intentions. Ces résultats ont été démontrés par des techniques d'imagerie où les régions cérébrales impliquées dans l'apprentissage moteur sont activées de manière similaire lors de l'observation que lors de l'exécution d'un geste. Cette activation est majorée lorsque l'observation est intéressée dans un but d'imitation de mouvement[29].

D'un point de vue anatomique, l'apprentissage moteur met en relation le cortex pariétal, le cortex pré moteur, le cervelet ainsi que le cortex moteur et sensitif primaire[30]. D'un point de vue cellulaire, il a été démontré que l'activation de certains neurones, nommés neurones moteurs, sont actifs à l'exécution mais aussi à l'observation du geste[31]. Ainsi, afin de maximiser les chances de récupération motrice un travail moteur doit être associé à une image motrice mentale[32].

On peut parler d'apprentissage moteur dans le cas où celui qui apprend interfère avec l'environnement. Il doit être **durable**, c'est-à-dire ré-évaluable à un instant T, et **positif**; il doit y avoir une progression dans la performance de l'apprenant.

La **répétition**, la **volonté** et la **motivation** lors de la réalisation du geste (en tant que tache motrice), la **représentation corticale** de ce geste, la **qualité des informations sensitivomotrices** sont les facteurs favorisants pour les apprentissages moteurs.

Suite à une lésion cérébrale, la difficulté de l'apprentissage moteur varie en fonction du type d'activité recherchée. En effet, plus l'activité à réaliser est spécifique (écriture, conduite,...) et s'écarte d'une motricité « *innée* » (marche, équilibre), plus la récupération motrice et son réapprentissage moteur est difficile.

Les apprentissages moteurs peuvent aussi être délétères lorsque l'activité motrice est trop intense, réalisée trop précocement, ou répétée de manière stéréotypée, pouvant entraînant une aggravation des lésions cérébrales ou encore l'apparition de dystonies involontaires (dystonies d'action), qui parasitent le mouvement volontaire[33].

1.7.1 Limites de l'apprentissage

A. Damasio, neuroscientifique, détermine les limites de l'apprentissage :[34]

- La perte de conscience et l'héminégligence : le sentiment du soi et sa représentation sont indispensables à l'apprentissage moteur.
- L'altération de la perception ou du traitement des informations sensorielles visuelles, auditives et tactiles.
- Les altérations des voies sensitivomotrices et l'absence de message nerveux.
- L'altération du schéma d'élaboration du mouvement (fonctions exécutives) et les troubles praxiques.
Les troubles de l'attention/intention, les perturbations émotionnelles, le manque de motivation.
- L'inadéquation entre les informations de l'environnement et le type d'apprentissage.
- Les troubles de l'outil corporel : rétractions musculaires ou articulaires, spasticité, faiblesse musculaire...

1.7.2 Apprentissage moteur et hémiplégie

En transposant ces principes de l'apprentissage moteur à la rééducation d'un patient hémiplégique bien conduite, il est nécessaire de prendre en compte l'ensemble des territoires paralysés afin d'éviter toute paralysie fonctionnelle d'inactivité. Ainsi, devant un membre supérieur paralysé, la rééducation motrice doit combiner traitement par l'inactivité et traitement de la paralysie dans le but de développer des compensations motrices. [25]

Les trois facteurs principaux favorisant l'apprentissage moteur doivent être intégrés dans la rééducation : le **feedback**, la **pratique** et l'**apprentissage**.

Le feed-back est défini par « *l'ensemble des informations sensorielles résultant du mouvement* ». Il peut être intrinsèque (visuelle, auditive, vestibulaire, somato-sensorielle) ou extrinsèque (connaissance des résultats et de la performance).

La pratique, qu'elle soit constante ou variable, comprend plusieurs étapes : la compréhension de ou des diverses tâches, l'acquisition d'une coordination nécessaire à son exécution où s'entremêlent des compensations motrices, et pour finir, la maîtrise de la tâche.

La phase d'apprentissage peut être appréhendé selon divers modèles qu'il soit classique (suivant une association de stimuli), opérant (action-conséquence) ou procédural (répétition motrice). [35]

La récupération motrice de l'épaule ne devra pas se faire au détriment de celle de la main, pour laquelle la récupération est beaucoup plus lente. La rééducation motrice devra combiner **plasticité post lésionnelle** et **plasticité fonctionnelle** pour respecter l'apprentissage moteur. Dans le cas de rééducation mal contrôlée ou mal orientée, tel qu'un excès ou un déséquilibre d'activité, il apparaîtra un déséquilibre d'activation segmentaire entre muscles agonistes et antagonistes ayant pour conséquences des troubles de la statique et des dystonies.[25] L'inactivité prolongée en cas de rééducation stoppée trop tôt ou de prise en charge tardive, limite également les chances de récupération motrice.

1.8 Les outils de rééducation

Pour une prise en charge optimale il faut combiner[36] :

- Bilans initiaux précoce par des outils d'évaluation validés.
- Le recueil de la sévérité de l'AVC et de son pronostic de récupération.
- Etablir les déficits et spécifier les objectifs de rééducation.
- Prise en charge pluridisciplinaire et parcours de soins adapté à chaque patient.
- Prise en charge précoce et spécialisée : cinq séances de rééducation par semaine, pendant 45 minutes minimum.

La rééducation post AVC est riche de par les techniques multiples qui s'offrent au thérapeute[25] ; en voici quelques exemples :

- La thérapie par contrainte induite dont le but est d'induire de manière forcée le mouvement du membre supérieur paralysé en « bloquant » le membre sain.
- La stimulation électro-fonctionnelle, les techniques de biofeedback, l'imagerie mentale, la thérapie bi-manuelle qui sont d'autant plus efficaces qu'elles sont combinées entre elles ou associées à un travail moteur réel ou potentiel.
- Les assistances robotisées qui allègent le poids du corps et sont utilisées dans le cas de rééducation à la marche mais aussi du membre supérieur.
- L'entraînement par tapis de marche, plus ou moins assisté par allégement corporel.
- La thérapie miroir dans le cadre d'héminégligence ou de syndrome douloureux régional complexe[23].
- Les orthèses de main et du poignet (attelles) ne doivent pas être utilisées en pratique courante car elles n'ont aucun effet sur la sollicitation du mouvement et donc sur la récupération de la fonction[23].

NB : Les méthodes de rééducation de la fonction motrice utilisées après un accident vasculaire cérébral sont répertoriées en annexe 3, accompagnées de leur niveau de preuve selon la Haute Autorité de Santé

Une activation motrice **quotidienne** est nécessaire pour garantir l'efficacité du traitement rééducatif. Le choix de la technique devra être réfléchi préalablement en fonction de la phase (aiguë, subaiguë ou chronique) dans laquelle se trouve le patient, et en fonction du niveau de preuve de la technique.

L'émergence et l'application certaine de l'Evidence Based Practice (pratique fondée sur les preuves) depuis ces dernières années réévalue de manière constante l'ensemble des techniques thérapeutiques. Cette méthodologie, visant à réduire l'incertitude lors d'une décision clinique, s'applique également aux thérapeutiques innovantes qui coïncident avec les évolutions technologiques.

1.9 La réalité virtuelle

Dans les années 60-70, la réalité virtuelle vit le jour. La réalité virtuelle se définit comme « *l'ensemble des techniques et systèmes qui procurent à l'homme le sentiment de pénétrer dans des univers synthétiques créés par des logiciels informatiques. La réalité virtuelle donne la possibilité d'effectuer en temps réel un certain nombre d'actions définies par un ou plusieurs programmes informatiques et d'éprouver un certain nombre de sensations visuelles, auditives ou haptiques* ». Horton Hellig, Ivan Sutherland et Scott Fisher sont les pionniers de cette invention[37].

Sa première application en médecine physique et réadaptation date de 1986 par une expérience menée par Vilayanur Subramanian Ramachandran, neuroscientifique indo-américain, spécialisé en neurologie comportementale et en psychophysique visuelle. Cette étude fut menée sur des patients amputés du membre supérieur et démontre que les afférences visuelles ont un rôle important dans la cohérence entre la perception et l'intention motrice[38]. La réalité virtuelle, en tant que nouvel outil de rééducation, utilise des afférences visuo-motrices qui constituent un outil puissant dans l'amélioration de la récupération motrice, dans un réseau sensorimoteur endommagé.

La réalité virtuelle est retrouvée dans de nombreux champs d'application : socioéconomique, publicité et marketing, presse et scientifique. Dans le domaine des sciences de la réadaptation, elle gagne de plus en plus en popularité de par sa nature ***ludique*** et ***interactive*** qui potentialise la ***motivation*** de l'utilisateur et donc la ***fréquence***, la ***durée*** et la ***intensité*** de la pratique clinique.[39] Elle agit comme un environnement augmenté où chaque mouvement volontaire est suivi par un phénomène de ***rétroaction*** pour lequel l'utilisateur y répond en ajustant ses mouvements. Les systèmes de jeu de réalité virtuelle proposent un ensemble d'exercices variés basés sur des tâches spécifiques créant un environnement artificiel divertissant qui stimule les capacités physiques et cognitives. Ces ***stimulations*** visuelles, sonores et vocales immergent complètement le patient dans cet environnement représentatif de la vie quotidienne, dans un but d'***autonomiser*** le patient dans ses activités et déplacements en extérieur. Le niveau de difficulté des exercices s'accroît ; l'utilisateur peut suivre ses résultats de performance sur une période donnée et ainsi voir son évolution au cours du temps.

Le système se compose de deux ordinateurs portables : un dit « *patient* » et un dit « *thérapeute* ». Ces deux ordinateurs sont reliés par un réseau, un vidéoprojecteur et un grand écran. Le thérapeute génère l'environnement virtuel avec lequel le patient interagit par l'intermédiaire de différents outils d'interactivités (gants, joystick, manettes, etc....).



Photo 1: "Ordinateur" patient d'un système de réalité virtuelle[40]

Néanmoins, le coût économique élevé d'achat et d'entretien des systèmes de réalité virtuelle représente une limite quant à son utilisation et son implantation dans les plateaux techniques de rééducation.[40]

En rééducation, la réalité virtuelle s'applique en traumatologie, en orthopédie, en kinésithérapie vestibulaire, en gériatrie et en neurologie. En neurologie, la rééducation par réalité virtuelle peut aussi bien être réalisée chez des patients victimes d'une pathologie du système nerveux d'origine dégénérative (Maladie de Parkinson, Sclérose en Plaque, Maladie d'Alzheimer...), que chez des patients victimes de lésions cérébrales (traumatismes crâniens, accident vasculaire cérébral provoquant une hémiplégie...), ou toutes autres pathologies neurologiques nécessitant une rééducation.[41]

1.10 Outils de mesure étudiés dans la revue systématique

Les études de cette revue systématique utilisent deux échelles principalement : 4 études utilisent « *Fugl-Meyer-Upper-Extremity Scale* », 2 études utilisent « *Box & Block Test* » et 1 étude utilise les deux.

1.10.1 Fugl - Meyer- Upper - Extremity - Scale

L'échelle « *Fugl-Meyer Upper Extremity* » (FMA-UE) ou encore appelée « *Upper Extremity Portion of the Fugl-Meyer Motor Assessment* » est une partie de la célèbre échelle « *Fugl-Meyer* » évaluant la motricité, la sensibilité, l'équilibre et la proprioception, les amplitudes et douleurs articulaires du membre supérieur et du membre inférieur des patients hémiplégiques suite à un AVC. [42]

De ce fait, la FMA-UE est l'échelle de référence pour ce qui est de l'évaluation sensorimotrice du membre supérieur du patient hémiplégique[43]. Elle est retrouvée en annexe 4.

1.10.2 Box & Block Test BBT

Le Box & Block Test, expliqué en *annexe 4bis*, est un test cliniquement validé pour mesurer la dextérité et la coordination manuelle. Le test est réalisé à l'aide d'une boîte en bois avec deux compartiments carrés de 26 centimètres de côté séparés par une cloison de 10 centimètres de hauteur. Ce dispositif présente 150 cubes en bois de 2,5 centimètres de hauteur et doit être placé dans le sens de la longueur, parallèle au bord d'une table de hauteur standard. Le compartiment contenant les cubes doit être placé du côté de la main testée.



Photo 2: Box & Block Test[44]

L'ensemble des éléments détaillés précédemment nous amène à nous poser la question suivante : « *La thérapie par réalité virtuelle est-elle plus efficace que la thérapie conventionnelle sur la récupération motrice du membre supérieur chez les patients hémiplégiques en phase chronique d'un accident vasculaire cérébral ?* ».

Après avoir posé le processus de réalisation de cette revue systématique dans la partie 2 *Méthode*, nous recueillerons les résultats des études sélectionnées afin de les analyser et de les interpréter dans la partie 3 *Discussion*.

2 Méthode

La revue systématique, qui par sa rigueur scientifique permet de répondre de manière plus précise et plus détaillée à la question clinique précédemment évoquée, est préférée à la revue narrative. En effet, comparativement à cette dernière, la revue systématique présente :

	Revue systématique	Revue narrative
<i>Objectifs</i>	Précis et définis	Larges
<i>Sources</i>	Exhaustives, avec une approche de recherche explicite	Généralement non spécifiées
<i>Sélection</i>	Basée sur des critères prédéfinis (modèle PICO)	Généralement non spécifiée
<i>Evaluation</i>	Rigoureuse et critique	Variable
<i>Synthèse</i>	Plutôt qualitative	Quantitative et/ou qualitative
<i>Conclusion</i>	Généralement basée sur des preuves	Parfois basée sur des preuves

Tableau I: comparaison entre une revue systématique et une revue narrative

La revue systématique peut s'intéresser à quatre thématiques cliniques : « Diagnostique », « Pronostique », « Etiologique » et « Thérapeutique ». La thématique appropriée à notre question clinique est de type **thérapeutique**, dont le but est d'évaluer l'efficacité du traitement que celui-ci soit préventif ou curatif.

2.1 Critères d'éligibilité des études pour cette revue

Les essais cliniques randomisés ECR sont le type d'étude scientifique le plus adéquat pour répondre à notre question clinique à thématique thérapeutique. En médecine fondée sur les preuves (Evidence Based Practice), ces ECR sont considérés comme étant le meilleur type d'étude en ce qui concerne la vérification de l'efficacité d'un traitement.

Idéalement et conforme à l'échelle PEDro qui évalue leur qualité de construction et de réalisation, ces ECR sont randomisés et en « double insu » ou « double aveugle ». Le principe de randomisation réparti de manière aléatoire les sujets, au début de l'étude, en deux groupes le plus homogène possible au regard des indicateurs pronostiques les plus importants. Le double insu signifie que ni le thérapeute, ni le sujet ne connaissent le traitement attribué. Ces deux critères permettent de minimiser le risque de biais.

Les critères d'éligibilité des études pour cette revue sont basés sur le modèle PICO : Population, Intervention, Comparateur, Outcome/Critère de jugement.

2.1.1 Population

Pour répondre à notre question thérapeutique, la population étudiée doit concerner des hommes et des femmes âgés de plus de 18 ans, en phase chronique d'un accident vasculaire cérébral ischémique ou hémorragique.

Plus précisément, la population devra répondre aux critères d'inclusion suivant : durée de l'AVC supérieur ou égal à 6 mois à compter du début de l'étude, premier AVC ou non, ayant atteint l'hémisphère cérébral droit ou gauche, aucune autre atteinte neurologique ou traumatique pouvant affecter les possibilités de récupération motrice du membre supérieur, un déficit moteur léger à modéré ou modéré à sévère et idéalement ne bénéficiant pas d'autres thérapeutiques conventionnelles ou virtuelles en parallèle à l'étude.

Les critères d'exclusion les plus importants à considérer sont des douleurs au membre supérieur limitant l'activité thérapeutique, tous problèmes médicaux sérieux ou instables, toutes autres maladies neurologiques ou psychiatriques, tous déficits langagiers, cognitifs ou visuels empêchant la compréhension et la réalisation de l'activité proposée, une apraxie marquée ou bien une héminégligence.

2.1.2 Intervention et Comparateur

L'intervention évaluée est l'utilisation de la réalité virtuelle dans la thérapie rééducative de la motricité du membre supérieur chez ces patients hémiplégiques. Dans la sélection des études, on ne s'intéressera idéalement qu'à celles dont l'intervention ne s'applique qu'au membre supérieur (et non pas au membre inférieur ou au tronc); dans le cas contraire, il faudra être vigilant lors du recueil des résultats.

La réalité virtuelle devra être utilisée seule et non pas associée à d'autres thérapies, et on devra vérifier à ce qu'on parle bien de la réalité virtuelle comme nouvelle technologie émergente en tant que telle (quel que soit son type et son mode de fonctionnement) et non pas de ses dérivés (par exemple la thérapie miroir...).

L'efficacité de la réalité virtuelle est comparée à celle de la thérapie conventionnelle. L'élaboration du programme thérapeutique n'est pas un critère de sélection des études, mais il devra être appliqué à la même fréquence et d'une durée similaire à celle de l'application de la réalité virtuelle.

2.1.3 Outcome

Le critère de jugement «outcome» sur lequel le traitement est évalué est la récupération motrice du membre supérieur. Cette évaluation se fait à l'aide de diverses échelles d'évaluation de la motricité. Les deux échelles les plus fréquemment utilisées sont «*Fugl-Meyer-Upper-Extremity* » et le «*Box and Block Test* ».

D'autres échelles peuvent être utilisées telles que «*Nine Hole Peg Test* », «*Action Research Arm Test* », et bien d'autres ; celles-ci seront citées pour leur utilisation dans les études mais ne seront pas analysées.

2.2 Méthodologie de recherche des données

Trois principales bases de données ont été utilisées pour recueillir un nombre d'essais cliniques randomisés (ECR) nécessaires et suffisants pour répondre à notre question thérapeutique : «*La thérapie par réalité virtuelle est-elle plus efficace que la thérapie conventionnelle sur la récupération motrice du membre supérieur chez les patients hémiplégiques en phase chronique d'un accident vasculaire cérébral ?* ».

Premièrement, il a fallu répertorier l'ensemble des synonymes pour chaque mots clefs afin d'augmenter le nombre d'articles sortants potentiels. Puis, une équation de recherche a été établie sur chaque base de données.

Aucune barrière linguistique n'a été imposée quant à la recherche d'articles. La date de publication de l'étude ne devra pas dépasser 15 ans pour avoir des systèmes de réalité virtuelle, appliquée en kinésithérapie, les plus récents possibles.

La recherche d'ECR, leur sélection, ainsi que la rédaction de l'introduction ont été menées entre les mois de septembre 2019 et janvier 2020. Pour aider à la rédaction de l'introduction, la littérature grise a été acceptée.

- PubMed, base de données gratuite incontournable, qui répertorie plus de 30 millions d'articles provenant de MEDLINE, est une base de données bibliographique. Elle a été développée par le National Center for Biotechnology Information (NCBI) implanté aux Etats Unis. PubMed est utilisée dans de nombreux domaines : santé et médecine, science de la vie, science du comportement et de la bio-ingénierie. Elle donne accès à des articles en intégralité ou seulement au résumé. Dans ce cas-là, il est possible de contacter l'auteur de l'article grâce à l'adresse e-mail lorsque celle-ci est fournie sur la base de données.

Equation de recherche : « *virtual reality* » AND « *upper limb* » AND « « *hemiplegic* » OR « *hemiparesis* » OR « *hemiparesia* » OR « *chronic stroke* » »

(((((virtual reality) AND upper limb) AND hemiplegic) OR hemiplegia) OR hemiparesis) OR chronic stroke

Figure 5: Equation de recherche sur PubMed

Après avoir établi plusieurs équations de recherche afin d'être le plus précis possible, nous avons choisi de garder celle illustrée ci-dessus. En effet, au fil des diverses lectures d'articles nous nous sommes aperçus que certains auteurs donnaient un nom à la thérapie conventionnelle qu'ils utilisaient. Ainsi, restreindre l'équation de recherche à « conventional therapy » éliminait certains articles potentiels.

Pour finir, le filtre « *clinical trial* » a été sélectionné pour affiner notre recherche.

- PEDro « Physiotherapy Evidence Database » est une base de données gratuite qui indexe plus de 45000 essais cliniques randomisés, des revues systématiques ainsi que des recommandations de pratique clinique en kinésithérapie. PEDro fournit le résumé ou l'intégralité du texte en fonction du choix des auteurs, pour lesquels l'adresse e-mail peut être communiquée.

Search term (or terms): upper limb chronic stroke virtual reality |

Figure 6: Equation de recherche sur PEDro

- Cochrane Library collectionne des bases de données et répertorie ainsi des revues systématiques et des essais cliniques randomisés. Des liens sont disponibles pour obtenir le résumé ou bien l'intégralité du texte.

The screenshot shows a search interface with the following search equation:

- Title Abstract Keyword "virtual reality"
- AND - Title Abstract Keyword chronic stroke
- OR - Title Abstract Keyword hemiplegia
- OR - Title Abstract Keyword hemiplegic
- AND - Title Abstract Keyword upper limb

Figure 7: Equation de recherche sur Cochrane Library

Après avoir établi l'équation de recherche sur les trois bases de données, le travail consiste à :

- Sélectionner les études en adéquation avec notre question de recherche
- Évaluer la qualité méthodologique des études sélectionnées
- Extraire l'ensemble des données
- Analyser les données
- Etablir une synthèse de résultats.

2.3 Extraction et analyse des données

2.3.1 Sélection des études

La sélection des études, à partir des bases données précédemment citées, est une étape indispensable pour pouvoir répondre de manière précise à la question clinique de notre revue systématique.

C'est une étape longue à réaliser, et nécessitant une certaine rigueur dans l'application des divers critères de sélection.

Sur chaque base de données, un nombre n d'articles nous est proposé suite aux mots clefs inscrits dans notre équation de recherche.

En premier lieu, une sélection par lecture des titres est effectuée : les articles pour lesquels les titres sont en adéquation avec notre question de recherche sont retenus. Il faut alors exclure les doublons car un même article peut se retrouver sur deux voire trois bases de données différentes. Ensuite, en lisant l'abstract nous pouvons affiner notre sélection en fonction de l'objectif de l'étude, du type d'étude et de la population étudiée.

Pour finir, il est ensuite nécessaire de lire l'intégralité de chaque article retenu dans l'étape précédente pour :

- Vérifier que les critères d'inclusion et d'exclusion correspondent à ceux qui ont été prédefinis.
- Vérifier que le protocole expérimental corrèle, dans son intégralité, avec celui étudié.
- Vérifier la qualité méthodologique de l'étude par l'analyse de leur validité interne grâce à l'échelle PEDro.

L'ensemble de ces étapes sera représenté sous la forme d'un diagramme de flux.

La totalité de cette sélection permettra d'obtenir un nombre n d'articles inclus qui constitueront le socle du travail suivant. Les étapes suivantes sont donc l'extraction et l'analyse des données pour chaque article.

2.3.2 Extraction des données

L'extraction des données permet de regrouper l'ensemble des données les plus importantes qui nous serviront, in fine, à la synthèse de résultat. Cette extraction se calque sur le modèle PICO et sera explicitée par un tableau afin d'en faciliter la lecture.

Dans ce tableau, seront relevés :

- Les caractéristiques de la population étudiée : le sexe, l'âge, la durée de l'atteinte, le côté atteint, l'état de santé physique et mental, la participation ou non à d'autres thérapeutiques et le groupe d'appartenance à l'étude.
- Les modalités de l'intervention : les caractéristiques de la thérapie virtuelle employée, le programme de la thérapie conventionnelle établi, la durée d'intervention, la fréquence et les périodes d'évaluation.
- Les échelles utilisées pour évaluer le critère de jugement étudié : la récupération motrice du membre supérieur.

Le type d'étude utilisé (essai clinique randomisé, étude cas-témoin...) sera aussi spécifié.

2.3.3 Evaluation de la qualité méthodologique des études sélectionnées

Dans ce tableau, on retrouvera également la note donnée par l'échelle PEDro qui évalue la qualité méthodologique des essais cliniques randomisés (ECR). Cette évaluation permet d'affirmer ou d'infirmer sa validité interne.

L'échelle PEDro, *annexe 5*, se base sur onze critères d'évaluation :

- Critère 1 : évaluation de la validité externe de l'ECR ; autrement dit c'est l'évaluation de l'applicabilité du traitement étudié.
- Critère 2 à 9 : évaluation de la validité interne.
- Critère 10 et 11 : suffisance des informations statistiques.

On attribue un point pour chaque critère d'évaluation satisfait : ce critère doit être clairement respecté et rédigé. Le premier critère n'est pas comptabilisé ; ce qui nous donne un total sur dix points.

Les quatre biais d'évaluation de la validité interne d'un ECR sont également notifiés dans l'échelle PEDro : biais d'évaluation, biais de suivi, biais d'attrition et biais de sélection. La présence d'un ou plusieurs de ces biais sera indiquée dans un tableau, pour chaque étude. Pour cette revue systématique, les études doivent être scorées au minimum à 6 sur 10 pour pouvoir bénéficier d'une certaine rigueur chiffrée dans leur sélection. Ce score est à considérer quant à l'analyse des résultats et leur interprétation.

Toutefois, la pertinence d'une étude ne repose pas uniquement que sur sa validité interne. Elle repose également sur :

- Sa validité externe = applicabilité.
- Sa validité statistique.
- Sa taille de l'effet qui doit être suffisamment grande pour que le traitement soit cliniquement apprécié.
- Son rapport effets bénéfiques/effets indésirables.
- Son rapport coût /efficacité.

2.3.4 Méthode de synthèse des résultats

Les résultats seront également extraits pour chaque étude dans l'intérêt de les analyser par la suite. Ils seront synthétisés sous la forme d'un tableau par étude et en rapport avec les outils de mesure utilisés et étudiés dans cette revue de littérature.

Ce tableau nous renseigne, lorsque ceux-ci apparaissent, sur :

- La moyenne et/ou la médiane.
- L'écart-type.
- L'intervalle de confiance.
- La taille de l'effet.
- La valeur du *p* statistique.

Ce tableau de synthèse permettra d'apprécier si les résultats sont ou non statistiquement significatifs.

L'analyse et l'interprétation ultérieures de ces résultats permettront de juger de l'efficacité de la réalité virtuelle comparativement à la thérapie conventionnelle sur la récupération motrice du membre supérieur.

Pour finir, il sera nécessaire d'apprécier si les résultats sont applicables sur un champ clinique plus large et non pas propres à chaque étude. Cette appréciation est rendue possible par l'utilisation de la grille AMSTAR regroupant onze items.

3 Résultats

3.1 Etape de recherche des études

La recherche d'études a débuté par l'élaboration d'une équation de recherche sur trois bases de données : PubMed, PEDro et Cochrane chacune d'elle fournissant 87, 39 et 36 études respectivement, soit un total de 162 études.

Afin d'affiner la recherche et obtenir un nombre n d'articles, **ici n = 6**, les plus en accord avec notre question clinique, quatre étapes de sélection ont été réalisées :

- ➔ **Sélection par lecture du titre** : Les études s'intéressant à des enfants, ou bien à l'association de la réalité virtuelle avec d'autres thérapeutiques (comme l'imagerie mentale) ou à d'autres thérapeutiques (telles que la thérapie miroir par exemple) ont été éliminées. Cette première étape a permis d'exclure 96 études et donc d'en sélectionner 66.
- ➔ **Sélection par lecture du titre après exclusion des doublons** : sur les 66 études sélectionnées précédemment, certaines d'entre elles se trouvaient sur les deux voire les trois bases de recherches. Cette étape a exclu 11 études.
- ➔ **Sélection par lecture de l'abstract** : sur 55 études retenues après avoir éliminé les doublons, 44 ont été exclues après lecture de l'abstract sur la base de leurs objectifs et de leur méthodologie ne répondant pas aux critères d'inclusions et d'exclusions de sélection des études. A la fin de cette étape, 11 études ont donc été retenues.
- ➔ **Sélection par lecture du texte intégral** : pour chacune de ces 11 études l'échelle d'évaluation PEDro a été appliquée. 3 études ont été exclues après avoir obtenu un score inférieur à 6 sur 10. On obtient un nombre n d'étude égal à 8.

Sur ces 8 dernières études avec un score PEDro supérieur ou égal à 6 sur 10, 2 ont été éliminées avec raison : les résultats ne sont pas communiqués – *annexe 7*.

L'ensemble de ce processus de sélection est illustré selon un **diagramme de flux** – *annexe 6*.

Ainsi, 6 études finales ont été retenues pour la synthèse qualitative. Pour faciliter la suite de cette revue, ces études sont nommées « AUTEUR Année » : YOUNG BIN 2019[45] – PIRON 2009[46]– DA SILVA 2015[47]– THIELBAR 2014[48] – ENG 2018[49] - ZONDERVAN 2016[50]. Toutes ces études sont des essais cliniques randomisés.

3.2 Description des études sélectionnées selon le modèle PICO

Toutes les études sont en simple aveugle ; c'est-à-dire que le thérapeute sait que deux traitements différents sont administrés à deux groupes mais l'évaluateur n'a aucune connaissance sur l'attribution de tel ou tel patient à tel ou tel groupe, ce qui pourrait influencer les résultats de l'évaluation.

3.2.1 Population

Les 6 études sélectionnées se composent de deux groupes chacune : un groupe expérimental utilisant la thérapie par réalité virtuelle, et un groupe témoin utilisant la thérapie conventionnelle.

En ce qui concerne la population étudiée, on peut comparer les 6 études en fonction de:

- La taille de l'échantillon : le nombre de participants randomisés pour les études YOUNG BIN 2019[45], PIRON 2009[46] et DA SILVA 2015[47] est compris entre 30 et 33 sujets. THIELBAR 2014[48] et ZONDERVAN 2016[50] comprennent respectivement 14 et 18.
- Genre : seule DA SILVA 2015 [47] comporte plus de femmes que d'hommes.
- La moyenne d'âge : globalement homogène pour l'ensemble des études. Cette moyenne est comprise entre 52 ans à 66 ans, avec des écart-types variant de 6 à 12.2.
- La durée post-AVC : en s'intéressant aux données au sein même des deux groupes, PIRON[46] est la seule étude pour laquelle la durée moyenne post-AVC est inférieure à un an et demi. YOUNG BIN[45] informe que la durée post-AVC est supérieure à 6 mois, sans préciser de combien elle est exactement en moyenne pour chaque groupe. Pour les autres études, les participants des deux groupes ont une durée moyenne post-AVC comprise entre 2.5 et 5.4ans.
- Membre supérieur hémi-parétique :
 - o Lorsque cela est indiqué, on peut voir que le membre supérieur atteint est majoritairement le droit ; excepté THIELBAR 2014 [48] pour laquelle les patients sont majoritairement déficients du membre supérieur gauche.
 - o Les participants des études YOUNG BIN 2019[45] , PIRON 2009[46], DA SILVA 2015[47] et THIELBAR 2014[48] présentent un déficit léger à modéré du membre supérieur. Pour ZONDERVAN 2016[50] et ENG 2018[49], certains sujets présentent un déficit léger à modéré et d'autres modéré à sévère.

Les 6 études comprennent des sujets victimes d'un AVC ischémique et/ou hémorragique. Cependant, aucune étude ne précise le nombre exact de chaque type d'AVC pour chacun des deux groupes.

Dans certaines études, le nombre de participant randomisés ne correspond pas au nombre de participant analysés, mais la part analysée reste tout de même supérieure à 85% :

- YOUNG BIN 2019[45] : 33 participants randomisés mais 31 analysés car 1 patient dans chaque groupe a abandonné l'étude.
- THIELBAR 2014[48] : sur les 14 participants randomisés, 3 ont arrêté l'étude en cours de route : 1 ayant accompli la quasi-totalité de l'étude a été inclus dans les analyses,

les 2 autres n'ont pas été analysés (1 pour cause médicale et 1 pour raison personnelle). De ce fait, 12 sujets ont été analysés.

- ENG 2018[49] : sur les 54 participants randomisés, 2 ont arrêté avec raison donné (1 pour cause médicale et 1 n'a pas accepté son attribution au groupe contrôle). Néanmoins, le nombre de sujet analysé est resté de 54.
- ZONDERVAN 2016[50] : sur les 18 participants randomisés, il y a eu un perdu de vu : ses caractéristiques n'ont pas été renseignées, et il n'a pas non plus été considéré comme « en intention de traité » ; donc le nombre de sujet analysé est de 17.

Pour PIRON 2009[46] et DA SILVA 2015[47], tous les sujets randomisés ont complété et terminé l'étude et ont été analysés.

3.2.2 Intervention

L'intervention proposée est la rééducation du membre supérieur par un système de réalité virtuelle. Toutes les études proposent un système ludique en lien avec le jeu ou de façon plus ou moins directe, avec des activités de la vie quotidienne.

Certaines études s'intéressent aux mouvements du membre supérieur dans sa globalité PIRON 2009 [46] et DA SILVA 2015 [47], d'autres uniquement à la mobilité de la main THIELBAR 2014[48] et ZONDERVAN 2016[50]. YOUNG BIN 2019[45] et ENG 2018[49] s'intéressent à la fois au membre supérieur et/ou à la main.

Les outils d'interactivités utilisés sont soit :

- Un type de manette connectée: manette rectangulaire de Nintendo WII DA SILVA 2015 [47] , joystick interchangeable par des outils divers (volant, tube, poignée ...) YOUNG BIN 2019[45].
- Des gants avec des capteurs : THIELBAR 2014[48] , ZONDERVAN 2016[50] (accordés à des notes de musique) et ENG 2018[49].
- Des récepteurs fixés sur l'objet à mettre en mouvement : PIRON 2009 [46].

En ce qui concerne la durée, le temps et la fréquence d'intervention :

- Durée : ZONDERVAN 2016[50] est réalisée sur 3 semaines, suivie de PIRON 2009 [46] et ENG 2018[49] sur 4 semaines, puis de YOUNG BIN 2019[45] et THIELBAR 2014[48] sur 6 semaines, et pour finir DA SILVA 2015 [47] qui a la durée la plus longue de 2 mois.
- Temps : 30 minutes pour YOUNG BIN 2019[45], 45 minutes pour ENG 2018[49], et d'une heure pour PIRON 2009 [46], DA SILVA 2015 [47], THIELBAR 2014[48] et ZONDERVAN 2016[50]
- Fréquence : YOUNG BIN 2019[45], THIELBAR 2014[48] et ZONDERVAN 2016[50] avec trois fois par semaine, puis DA SILVA 2015 [47] avec deux fois par semaine, suivie de ENG 2018[49] avec quatre fois par semaine et enfin, PIRON 2009 [46] avec cinq fois par semaine.

3.2.3 Comparateur

Pour les 6 études l'intervention par réalité virtuelle est mise en comparaison avec la kinésithérapie conventionnelle, en ce qui concerne son efficacité sur la récupération motrice du membre supérieur.

Selon les études, plusieurs méthodes et protocoles de rééducation conventionnelle sont utilisés :

- DA SILVA 2015 [47], ENG 2018[49] et ZONDERVAN 2016[50] optent pour une rééducation kinésithérapique « *classique* » en employant des méthodes de mobilisations passives ou active-aidées, des étirements et renforcement musculaires, et des exercices proprioceptifs.
- YOUNG BIN 2019[45], THIELBAR 2014[48], et PIRON 2009 [46] optent pour une rééducation beaucoup plus fonctionnelle en lien avec les activités de la vie quotidienne : YOUNG BIN 2019[45] et THIELBAR 2014[48] ciblent la dextérité de la main (maniement d'objet, travail de table) tandis que PIRON 2009 [46] se concentre sur le gain d'amplitude active par une mouvement plus ou moins complexe du membre supérieur dans les trois plans de l'espace.

La durée, le temps et la fréquence d'exercices rééducatifs sont équivalents à ceux de l'intervention, respectivement à chaque étude.

3.2.4 Outil de mesure utilisé pour évaluer le critère de jugement

L'échelle d'évaluation « *Fugl-Meyer-Upper-Extremity scale* » est utilisée dans les études PIRON 2009, DA SILVA 2015 [47] et THIELBAR 2014[48] de manière commune. ENG 2018[49] et ZONDERVAN 2016[50] évaluent le critère de jugement grâce au « *Box & Block Test* ». YOUNG BIN 2019[45] emploie à la fois « *Fugl-Meyer-Upper-Extremity scale* » et le « *Box & Block Test* ». Dans cette revue systématique, l'évaluation par FMA-UE ne considère que les 4 premières parties de l'échelle notées sur 66 points.

D'autres échelles d'évaluation motrice et fonctionnelle sont utilisées, comme par exemple :

- ARAT (Action Research Arm Test) retrouvée à la fois chez THIELBAR 2014[48] et ZONDERVAN 2016[50].
- MAL-AS (Motor Activity Log Amount Scale) retrouvée chez ZONDERVAN 2016[50].
- 9-HPT (9-Hole Peg Test) retrouvée chez ZONDERVAN 2016[50] et YOUNG BIN 2019[45].
- YOUNG BIN 2019[45] est la seule étude à utiliser MMT (Manual Muscle Test) et HGT (Hand Grip Test).
- L'évaluation de la force de préhension est effectuée par JTHFT (Jebsen-Taylor Hand Function Test), JAMAR (Hand Dynamometer) et B&L Engineering/PG-60 dans l'étude de THIELBAR 2014[48].
- CAHAI (Chedoke McMaster Arm and Hand Activity Inventor) est retrouvée uniquement chez ENG 2018[49].

En plus de l'évaluation de la récupération motrice :

- YOUNG BIN 2019[45] et PIRON 2009 s'intéressent à l'évaluation de la spasticité musculaire du membre supérieur mesurée par MAS (Modified Ashworth Scale).
- YOUNG BIN 2019[45] utilisent deux test d'évaluation cognitives K-MMSE (Korean-Mini Mental State Examination) et K-MoCA (Korean-Montreal Cognitive Assessment).
- L'évaluation de la qualité de vie est réalisée chez DA SILVA 2015 [47] et ENG 2018[49].

Toutes les informations ci-dessus sont récapitulées par le *Tableau II*, accompagné de son lexique en *annexe 8*, et sont détaillées par les *annexes 9 à 14*.

Etude AUTEUR Année	Participants	Intervention	Comparateur	Outil de mesure pour « Outcome »	Score PEDro
YOUNG BIN 2019[45]	33 patients randomisés, 31 analysés. AVC ischémique ou hémorragique, en phase chronique	Joystima : VR combiné à un vrai instrument d'entraînement	Thérapie conventionnelle	FMA-UE MMT HGT BBT 9-HPT MAS K-MMSE K-MoCA	7/10
PIRON 2009 [46]	31 patients randomisés et analysés, 1 ^{er} AVC ischémique, en phase chronique	Système de télé-réhabilitation (VRRS.net)	Thérapie conventionnelle	FMA-UE MAS	8/10
DA SILVA 2015 [47]	30 patients randomisés et analysés. AVC ischémique ou hémorragique, en phase chronique	Nintendo Wii	Thérapie conventionnelle	FMA FMA-UE SF-36	8/10
THIELBAR 2014 [48]	14 patients randomisés, 12 analysés. 1 ^{er} AVC ischémique ou hémorragique, en phase chronique	Système AVK	Thérapie conventionnelle	FMA-UE FMH ARAT JTHFT JAMAR B&L Engineering/ PG-60	6/10
ENG 2018[49]	54 patients randomisés et analysés. 1 ^{er} AVC ischémique ou hémorragique, en phase chronique	Système YouGrabber	Thérapie conventionnelle	BBT CAHAI SIS	8/10
ZONDERVAN 2016[50]	18 patients randomisés, 17 analysés. AVC ischémique ou hémorragique, en phase chronique	The MusicGlove Hand Rehabilitation	Thérapie conventionnelle	BBT MALAS 9-HPT ARAT	6/10

Tableau II : Synthèse des études selon le modèle PICO

Les sujets des 6 études ne présentent pas d'autres pathologies physiques ou psychiques pouvant limiter les possibilités de récupération, et ont arrêté toute autre thérapie pour la réalisation de l'étude.

3.3 Risques de biais des études incluses

Les 6 essais cliniques randomisés ont été soumis à une évaluation de leur qualité méthodologique via l'échelle PEDro, afin d'affirmer ou d'infirmer leur validité interne. Pour rappel, l'échelle PEDro présente onze critères d'évaluation mais le premier item ne rentre pas dans le calcul du score, ce qui nous donne un total sur 10 points.

Etudes AUTEUR ANNÉE	Items 1 à 11					Score PEDro total
YOUNG BIN 2019	X X X X			X X	X X	7/10
PIRON 2009	X X X X X			X X X X	X X X	8/10
DA SILVA 2015	X X X X			X X X X X	X X X	8/10
THIELBAR 2014	X X X X	X X		X X X X	X X X	6/10
ENG 2018	X X X X X			X X X X X	X X X	8/10
ZONDERVAN 2016	X X X X	X X		X X X X	X X X	6/10

X Item validé

Tableau III : Score PEDro des 6 articles sélectionnés

Après avoir appliquée, pour chaque étude, la grille d'évaluation, on remarque que :

- Les items 2, 4, 7, 8 et 10 et 11 sont validés pour les 6 études :
 - o Item 2 : « *les sujets ont été répartis aléatoirement dans les groupes (pour un essai croisé, l'ordre des traitements reçus par les sujets a été attribué aléatoirement)* ».
 - o Item 4 : « *les groupes étaient similaires au début de l'étude au regard des indicateurs pronostiques les plus importants* ».
 - o Item 7 : « *tous les examinateurs étaient "en aveugle" pour au moins un des critères de jugement essentiels* ».
 - o Item 8 : « *les mesures, pour au moins un des critères de jugement essentiels, ont été obtenues pour plus de 85% des sujets initialement répartis dans les groupes* ».
 - o Item 10 : « *les résultats des comparaisons statistiques intergroupes sont indiqués pour au moins un des critères de jugement essentiels* ».
 - o Item 11 : « *pour au moins un des critères de jugement essentiels, l'étude indique à la fois l'estimation des effets et l'estimation de leur variabilité* ».
- L'item 3 « *la répartition a respecté une assignation secrète* » est validé pour toutes les études sauf pour THIELBAR 2014[48] et ZONDERVAN 2016[50].
- Les items 5 « *tous les sujets étaient "en aveugle"* » et 6 « *tous les thérapeutes ayant administré le traitement étaient "en aveugle"* » ne sont jamais validés.
- L'item 9 « *tous les sujets pour lesquels les résultats étaient disponibles ont reçu le traitement ou ont suivi l'intervention contrôle conformément à leur répartition ou, quand cela n'a pas été le cas, les données d'au moins un des critères de jugement essentiels ont été analysées "en intention de traiter"* » est validé pour PIRON 2009[46], ENG 2018[49] et DA SILVA 2015[47]

Ainsi, après avoir scoré les 6 études, on obtient :

- Un total de 6 sur 10 pour THIELBAR 2014[48] et ZONDERVAN 2016[50].
- Un total de 7 sur 10 pour YOUNG BIN 2019[45].
- Un total de 8 sur 10 pour ENG 2018[49], DA SILVA 2015[47] et PIRON 2009[46].

Afin de compléter l'évaluation de la validité interne des études, le *Tableau IV* ci-dessous met en évidence la présence ou non d'un des quatre biais existants : biais d'évaluation, biais de suivi, biais d'attrition et biais de sélection.

Etudes AUTEUR ANNEE	Biais d'évaluation	Biais de suivi	Biais d'attrition	Biais de sélection
YOUNG BIN 2019	✗		✗	
PIRON 2009	✗			
DA SILVA 2015	✗			
THIELBAR 2014	✗		✗	✗
ENG 2018	✗			
ZONDERVAN 2016	✗		✗	✗

✗ Présence du biais

Tableau IV : Synthèse des quatre biais pouvant être retrouvés dans les 6 études

D'après les résultats de la grille d'évaluation obtenus précédemment on peut en déduire que :

- Le biais d'évaluation est présent pour toutes les études ; ni le thérapeute ni les sujets ne sont en aveugles. Ce biais correspond aux items 5, 6 et 7 de l'échelle PEDro.
- Le biais de suivi, faisant un parallèle avec l'item 8, n'est présent pour aucune étude.
- Le biais d'attrition est absent pour ENG 2018[49], DA SILVA 2015[47] et PIRON 2009[46] ; il correspond à l'item 9.
- Le biais de sélection est présent pour THIELBAR 2014[48] et ZONDERVAN 2016[50], à cause de l'item3 qui n'est pas validé. Ce biais se rapporte aux items 2, 3 et 4.

3.4 Effets de l'intervention

Dans cette revue systématique nous nous intéressons à l'analyse et à l'interprétation des résultats de deux outils de mesure :

- « Fugl-Meyer-Upper-Extremity-Scale » utilisée dans YOUNG BIN 2019[45], PIRON 2009 [46], DA SILVA 2015 [47] et THIELBAR 2014 [48]
- « Box & Block Test » utilisé dans YOUNG BIN 2019[45], ENG 2018[49] et ZONDERVAN 2016[50]

Pour qu'un résultat soit statistiquement significatif il est nécessaire que *p value* soit inférieure à 0.05 soit, non liée au hasard. De plus, si les études ne fournissent pas l'ensemble des résultats nécessaires au calcul de la taille de l'effet, qui permettra de juger de l'efficacité du traitement étudié, celui-ci ne pourra être effectué. Il en sera de même pour le calcul de l'intervalle de confiance à 95% permettant d'interpréter l'effet moyen qu'on pourrait espérer sur une population plus large.

D'autre part, lorsque les moyennes pré-interventions ne seront pas identiques entre les deux groupes, le calcul de la taille de l'effet sera aussi fait par *changement des différences pré-post traitement* qui nous donnera l'écart d'efficacité entre les deux traitements, tenant compte de l'évolution de la motricité du membre supérieure propre à chaque groupe.

3.4.1 Taille de l'effet des études utilisant FMA-UE

3.4.1.1 YOUNG BIN 2019[45]

Pour les trois périodes d'évaluation, les résultats ont été recueillis après application de l'échelle FMA-UE au niveau de l'épaule, du coude, du poignet, de la main et de la coordination. Un total FMA-UE a ainsi été calculé, auquel nous nous intéresserons pour la suite de ce travail.

FMA-UE	Groupe	Préformation	Post-formation	Suivi	p value
Total	Contrôle	36.5+/-17.8	38.8+/-18.5	38.8+/-18.5	0.001
	Expérimental	37.6+/-14.4	39.5+/-15.1	41.5+/-14.8	0.001

Tableau V : résultats de l'échelle FMA-UE

Les résultats sont donnés sous la forme moyenne+/-écart type.

NB : Le groupe expérimental comporte 17 sujets et le groupe contrôle en comporte 14.

FMA-UE	Taille de l'effet IC 95%	Taille de l'effet Post- formation	Intervalle de confiance à 95% (IC95%)	Taille de l'effet Suivi	Intervalle de confiance à 95% (IC95%)
Total		0.7	[-11.63 ; 13.03]	2.7	[-9.52 ; 14.92]

Tableau V bis : Calculs de la taille de l'effet par la différence post traitement de chaque groupe et de l'intervalle de confiance.

Pour le groupe contrôle, les résultats sont de 36.5+/-17.8 en préformation, de 38.8+/-18.5 en post-formation (+2.3 points à la moyenne) et stabilisés en période de suivi. La p value est de 0.003. Les résultats sont donc statistiquement significatifs.

Pour le groupe expérimental, les résultats sont de 37.6+/-14.4 en préformation, de 39.5+/-15.1 en post-formation (+1.9 points à la moyenne) et de 41.5+/-14.8 en période de suivi (+3.9 points à la moyenne par rapport à l'évaluation en préformation, et +2 points à la moyenne par rapport à celle en période de suivi). La p value est de 0.001. Les résultats sont donc statistiquement significatifs.

La taille de l'effet calculée par la *différence post traitement de chaque groupe* est :

- En post-formation : 0.7 avec un IC 95% [-11.63 ; 13.03]. Cette taille d'effet est positive mais proche de zéro : la différence d'efficacité est négligeable (variation d'environ 1% sur l'échelle FMA-UE). L'intervalle de confiance, témoignant de 95% des cas, montre que les résultats sont légèrement plus en faveur de l'intervention que du comparateur (la proportion positive représente 52.84% de l'IC).

Selon ses valeurs extrêmes, l'IC à 95% autour de la moyenne montre également que l'intervention peut faire diminuer de 11.63 points les résultats sur l'échelle FMA-UE mais aussi les augmenter de 13.03 points, comparativement au groupe contrôle. Dans 95% des cas les résultats seront compris entre ces deux valeurs.

- En période de suivi : 2.7 avec un IC 95% [-9.52 ; 14.92]. Cette taille d'effet est positive : l'intervention est plus efficace que le comparateur sur l'amélioration motrice. L'IC à 95% est plus en faveur de l'intervention que du comparateur (61.05% de l'IC). Selon ses valeurs extrêmes, l'IC à 95% autour de la moyenne montre également que l'intervention peut faire diminuer de 9.52 points les résultats sur l'échelle FMA-UE mais aussi les augmenter de 14.92 points, comparativement au groupe contrôle. Dans 95% des cas les résultats seront compris entre ces deux valeurs.

Les moyennes en préformation et en post-formation n'étant pas respectivement identiques entre les deux groupes, le calcul de la taille de l'effet le plus approprié est celui de la *différence des changements pré-post-traitement* :

- En post-formation : $(39.5-38.8)-(37.6-36.5) = -0.4$. Cette taille d'effet est négative mais proche de zéro : les deux groupes évoluent favorablement avec une amélioration des résultats plus importante dans le groupe contrôle que dans le groupe expérimental. L'écart entre les deux groupes étant de 0.4, il peut être considéré comme négligeable (les résultats nous indiquent une variation d'environ 0.6% sur l'échelle FMA-UE). L'IC 95% est [-2.32 ; 1.52], il a été calculé à partir de la différence de moyenne et de l'écart type intragroupe des deux groupes. Cet IC est plus en faveur du comparateur que de l'intervention (60.42% de l'IC). Cet intervalle est beaucoup moins large que le précédent et donc l'estimation bien plus précise avec une intervention pouvant faire augmenter de 1.52 points sur l'échelle FMA-UE et aussi les diminuer de 2.32 points, comparativement au groupe contrôle. Dans 95% des cas, les résultats seront compris entre ces deux valeurs.
- En période de suivi : $(41.5-38.8)-(39.5-38.8) = 2$. Cette taille d'effet est positive, synonyme d'une amélioration motrice. Tandis que les résultats du groupe contrôle restent stables, ceux du groupe expérimental augmentent de 2 points en moyenne. Aucune donnée n'a été fournie pour le calcul de l'intervalle de confiance à 95%.

3.4.1.2 PIRON 2009[46]

Les participants ont été soumis à trois périodes d'évaluation.

La *p value* est communiquée uniquement pour la période T60.

Périodes d'évaluation	Groupe contrôle n = 18	Groupe expérimental n = 18	p value
T0	47.3+/-4.5	48.3+/-7.2	-
T30	47.3+/-4.6	48.5+/-7.8	-
T60	49.5+/-4.8	53.6+/-7.7	<0.05
T90	48.8+/-5.1	53.1+/-7.3	-

Tableau VI : résultats de l'échelle FMA-UE.

Les résultats sont donnés sous la forme moyenne+/-écart type.

L'étude signale qu' « *il n'y a pas de différences significatives entre les deux groupes après randomisation* », que « *tous les patients ont terminé l'étude* », que « *dans les deux groupes, la valeur des moyennes d'évaluation n'a pas changé significativement entre T0 et T30* » et que « *dans la phase de suivi (entre T60 et T90), les deux groupes ont maintenu les bénéfices acquis* » à la période précédente. La *p value* n'est pas communiquée à T0, T30 et T90 ; la valeur statistique des résultats n'est donc pas interprétable.

Pour le groupe contrôle, les résultats sont :

- A T0 : 47.3+/-4.5.
- A T30 : 47.3+/-4.6 (pas de changement à la moyenne).
- A T60 : 49.5+/-4.8 (+2.2 points à la moyenne par rapport à T0 et à T30). La *p value* étant inférieure à 0.05, les résultats sont statistiquement significatifs : le gain de motricité est significatif entre T30 et T60.
- A T90 : 48.8+/-5.1 (+1.5 points par rapport à T0 et T30 mais -0.7 points par rapport à T60).

Pour le groupe expérimental, les résultats sont :

- A T0 : 48.3+/-7.2.
- A T30 : 48.5+/-7.8 (+0.2 points à la moyenne).
- A T60 : 53.6+/-7.7 (+5.3 points à la moyenne par rapport à T0 et +5.1 points à la moyenne par rapport à T30). La *p value* étant inférieure à 0.05, les résultats sont statistiquement significatifs : le gain de motricité est significatif entre T30 et T60.
- A T90 : 53.1+/-7.3 (+4.8 points à la moyenne par rapport à T0, +4.6 points à la moyenne par rapport à T30 et -0.5 points à la moyenne par rapport à T60).

En ce qui concerne la taille de l'effet et l'intervalle de confiance :

Périodes d'évaluation	Taille de l'effet	Intervalle de confiance à 95% (IC 95%)
T30	1.2	[-3.14 ; 5.54]
T60	4.1	[-0.25 ; 8.45]
T90	4.3	[0.03; 8.57]

Tableau VI bis : Calculs de la taille de l'effet par la différence post traitement de chaque groupe et de l'intervalle de confiance.

- A T30, la taille de l'effet est 1.2 avec un IC 95% [-3.14 ; 5.54].
- A T60, la taille de l'effet est 4.1 avec un IC 95% [-0.25 ; 8.45].
- A T90, la taille de l'effet est 4.3 avec un IC 95% [0.03; 8.57].

Ces tailles d'effets sont calculées par la *différence post traitement de chaque groupe* et sont positives, traduisant une amélioration de la motricité plus importante par l'intervention que par le comparateur. L'effet de l'intervention est plus marqué entre T30 et T60 qu'entre T60 et T90.

L'IC, témoignant de 95% des cas, est plus en faveur de l'intervention que du comparateur (la proportion positive représente à T30 : 63.82%, à T60 : 97.13% et à T90 : 100% de l'IC). Selon ses valeurs extrêmes, l'IC à 95% autour de la moyenne montre également que l'intervention peut faire diminuer les résultats de 3.14 points (T30), 0.25 points (T60) et 0.03 points (T90) sur l'échelle FMA-UE mais aussi les augmenter de 5.54 points (T30), 8.45 points (T30) et 8.57 points (T90), comparativement au groupe contrôle. Dans 95% des cas, les résultats seront respectivement compris entre ces deux valeurs.

Les moyennes à T0, T30 et T60 n'étant pas respectivement identiques entre les deux groupes, le calcul de la taille de l'effet le plus approprié est celui de la *différence des changements pré-post-traitement* :

- A T30 : $(48.5-47.3)-(48.3-47.3) = 0.2$.
- A T60 : $(53.6-49.5)-(48.5-47.3) = 2.9$. Cette taille d'effet est positive.
- A T90 : $(53.1-48.8)-(53.6-49.5) = 0.2$.

A T30 et T90 les tailles d'effet sont positives mais proches de zéro.

Ainsi, pour une même période d'évaluation pour les deux groupes, l'intervention fait, en moyenne, gagner 0.2 points sur l'échelle FMA-UE comparativement au groupe contrôle, 2.9 points à T60 et 0.2 points à T90. Autrement dit, de T0 à T60, les résultats du groupe intervention évoluent plus favorablement que ceux du groupe contrôle (amélioration négligeable entre T0 et T30 : variation d'environ 0.3% sur l'échelle FMA-UE), et de T60 à T90 on constate une diminution des résultats dans les deux groupes plus marquée pour le groupe contrôle mais qui reste néanmoins négligeable (les résultats nous indique une variation d'environ 0.3% sur l'échelle FMA-UE).

3.4.1.3 DA SILVA 2015[47]

Dans cette étude, les participants des deux groupes ont été évalués avant le début de l'intervention et une fois celle-ci terminée.

Il nous est indiqué qu' « *aucune différence significative n'a été trouvée entre les deux groupes en ce qui concerne l'âge, le genre, la durée post-AVC, et le côté prédominant atteint* ». Donc que « *les deux groupes sont homogènes en ce qui concerne ces variables.* ».

Variables FMA-UE	Groupe	Avant intervention	Après intervention	p value
Fonction motrice MS	Contrôle	34.1+/-19.8	44.7+/-14.2	0.002
	Expérimental	31.1+/-20.5	38.7+/-19.6	0.000
Coordination MS	Contrôle	4.7+/-0.9	5.3+/-0.9	0.030
	Expérimental	4.3+/-1.6	4.2+/-2.2	0.891

Tableau VII : résultats de l'échelle FMA-UE.

Les résultats sont donnés sous la forme moyenne+/-écart type

MS : Membre supérieur

NB : Les deux groupes comportent 15 sujets.

Fonction motrice MS	Taille de l'effet	-6.0
	Intervalle de confiance à 95% (IC 95%)	[-18.80 ; 6.80]
Coordination MS	Taille de l'effet	-1.1
	Intervalle de confiance à 95% (IC 95%)	[-2.36 ; 0.16]

Tableau VII bis : Calculs de la taille de l'effet par la différence post traitement de chaque groupe et de l'intervalle de confiance.

A propos de la fonction motrice du membre supérieur :

- Pour le groupe contrôle, on retrouve une amélioration de la fonction motrice passant de $34.1+/-19.8$ avant l'intervention à $44.7+/-14.2$ après intervention (+10.6 points à la moyenne).
- Pour le groupe témoin, on retrouve une augmentation des résultats qui sont de $31.1+/-20.5$ avant l'intervention et de $38.7+/-19.6$ après intervention (+7.6 points à la moyenne).

Pour le groupe contrôle et le groupe expérimental, les *p values* sont inférieures à 0.05, donc les résultats sont statistiquement significatifs.

A propos de la coordination du membre supérieur :

- Pour le groupe contrôle, les résultats sont de $4.7+/-0.9$ en pré-intervention et de $5.3+/-0.9$ en post-intervention (+0.6 points à la moyenne). La *p value* est de 0.030, les résultats sont statistiquement significatifs.
- Pour le groupe expérimental, les résultats sont de $4.3+/-1.6$ en pré-intervention et de $4.2+/-2.2$ en post-intervention (-0.1 point à la moyenne). La *p value* étant de 0.891 donc supérieure à 0.05, les résultats ne sont pas statistiquement significatifs.

En post-intervention, la taille de l'effet calculée par la *différence post traitement de chaque groupe* est :

- Pour la fonction motrice : -6.0 donc négative, avec un IC 95% [-18.80 ; 6.80]. L'intervention est moins efficace que le comparateur sur l'amélioration de la fonction motrice avec, un IC témoignant de 95% des cas, qui est plus en faveur du comparateur que de l'intervention (proportion négative représente 70.94% de l'IC).
- Pour la coordination : -1.1 donc négative, avec un IC 95% [-2.36 ; 0.16]. Il en est de même pour la coordination motrice en ce qui concerne taille de l'effet et IC 95% (avec une proportion négative représentant 93.65% de l'IC).

Selon ses valeurs extrêmes, l'IC 95% autour de la moyenne montre également que l'intervention peut faire diminuer de 18.80 points les résultats sur la motricité et de 2.36 points ceux sur la coordination, mais aussi les augmenter de 6.80 points (motricité) et de 0.16 points (coordination), comparativement au groupe contrôle. Dans 95% des cas, les résultats seront respectivement compris entre ces deux valeurs.

Les moyennes pré-interventions n'étant pas identiques entre les deux groupes, le calcul de la taille de l'effet le plus approprié est celui de la *différence des changements pré-post-traitement*.

Donc en post-intervention la taille de l'effet est :

- Pour la fonction motrice : $(38.7-44.7)-(31.1-34.1) = -3$. Cette taille d'effet est négative.
- Pour la coordination : $(4.2-5.3)-(4.3-4.7) = -0.7$. Cette taille d'effet est négative mais proche de zéro.

L'intervention fait, en moyenne, perdre 3 points sur la motricité comparativement au groupe contrôle et 0.7 points sur la coordination (résultat négligeable car cela représente une variation d'environ 1% sur l'échelle FMA-UE). Autrement dit, on constate que le groupe contrôle évolue plus favorablement que le groupe intervention en ce qui concerne l'amélioration de la fonction motrice.

3.4.1.4 THIELBAR 2014[48]

Les évaluations ont été réalisées directement après l'intervention et un mois après la fin de l'intervention (suivi).

L'étude nous indique que « *les groupes étaient bien appariés en termes d'âge, de déficience motrice du membre supérieur et de durée post-AVC* » et que « *l'âge, la durée post-AVC et le niveau de déficience motrice n'étaient pas significativement différents entre les groupes.* ».

Groupes	Périodes d'évaluation	Avant le début de l'intervention	Après l'intervention	Un mois après la fin de l'intervention (suivi)	p value
<i>Groupe contrôle n = 7</i>		<i>41.9+/-1.9</i>	<i>43.6+/-8.1</i>	<i>44.9+/-7.2</i>	<i>0.717</i>
<i>Groupe expérimental n = 7</i>		<i>48.7+/-9.6</i>	<i>50.4+/-10.4</i>	<i>50.0+/-8.7</i>	<i>0.048</i>

Tableau VIII: résultats de l'échelle FMA-UE.

Les résultats sont donnés sous la forme moyenne+/-écart type.

Pour le groupe contrôle, on obtient une légère amélioration motrice passant de $41.9+/-1.9$ avant le début de l'intervention à $43.6+/-8.1$ après kinésithérapie conventionnelle (+1.7 points à la moyenne), puis à $44.9+/-7.2$ en période de suivi (+3 points à la moyenne par rapport à l'évaluation réalisée avant le début de l'intervention, et +1.3 points par rapport à celle réalisée après intervention). La *p value* étant supérieure à 0.05, les résultats ne sont pas statistiquement significatifs.

Pour le groupe expérimental, il existe également une légère amélioration de la motricité passant de $48.7+/-9.6$ avant le début de l'intervention à $50.4+/-10.4$ après l'intervention (+1.7 points à la moyenne), qui en période de suivi peut être considérée comme stabilisée (+1.3 points à la moyenne par rapport à l'évaluation réalisée avant le début de l'intervention, et -0.4 points par rapport à celle réalisée après intervention). La *p value* est inférieure à 0.05 donc les résultats sont statistiquement significatifs.

Périodes d'évaluation	Taille de l'effet IC 95%	Taille de l'effet	Intervalle de confiance à 95% (IC 95%)
<i>Après l'intervention</i>		<i>6.8</i>	<i>[-4.06 ; 17.66]</i>
<i>Un mois après la fin de l'intervention (suivi)</i>		<i>5.1</i>	<i>[-4.20 ; 14.40]</i>

Tableau VIII bis : Calculs de la taille de l'effet par la différence post traitement de chaque groupe et de l'intervalle de confiance.

Après intervention la taille d'effet calculée par la *différence post traitement de chaque groupe* est de 6.8 avec un IC 95% [-4.06 ; 17.66]. L'intervention est plus efficace que le comparateur sur l'amélioration motrice du membre supérieur avec, un IC témoignant de 95% des cas, qui est plus en faveur de l'intervention que du comparateur (proportion positive représente 81.31% de l'IC).

Selon ses valeurs extrêmes, l'IC de 95% autour de la moyenne montre également que l'intervention peut faire diminuer de 4.06 points les résultats sur l'échelle FMA-UE, mais aussi les augmenter de 17.66 points, comparativement au groupe contrôle. Dans 95% des cas les résultats seront compris entre ces deux valeurs.

En période de suivi la taille d'effet est de 5.1 avec un IC 95% [-4.20 ; 14.40]. L'intervention est plus efficace que le comparateur avec un IC à 95% qui est plus en faveur de l'intervention que du comparateur (77.42% de l'IC). Selon ses valeurs extrêmes, l'IC de 95% autour de la moyenne montre également que l'intervention peut faire diminuer de 4.20 points les résultats sur l'échelle FMA-UE, mais aussi les augmenter de 14.40 points, comparativement au groupe contrôle. Dans 95% des cas les résultats seront compris entre ces deux valeurs.

Les moyennes pré-interventions et post-interventions n'étant pas respectivement identiques entre les deux groupes, le calcul de la taille de l'effet le plus approprié est celui de la *différence des changements pré-post-traitement* :

- Après intervention : $(50-44.9) - (50.4-43.6) = 0$. Cette taille d'effet est nulle : il n'y a pas de différence d'efficacité entre les deux traitements.
- Un mois après la fin de l'intervention : $(50-44.9) - (50.4-43.6) = -1.7$. Cette taille d'effet est négative : l'intervention peut, en moyenne, faire perdre 1.7 points au groupe expérimental, sur l'échelle FMA-UE, comparativement au groupe contrôle. Le groupe contrôle évolue plus favorablement que le groupe expérimental en ce qui concerne l'amélioration motrice du membre supérieur.

Les résultats des quatre études utilisant FMA-UE sont représentés sous la forme de forest plot en *annexe 15*.

3.4.2 Taille de l'effet des études utilisant B&B test

3.4.2.1 YOUNG BIN 2019[45]

Les sujets ont été soumis à deux périodes d'évaluation : une effectuée après l'intervention et une autre quatre semaines après la fin de la formation (période de suivi).

Groupes	Périodes d'évaluation	Préformation	Post-formation	Suivi	p value
<i>Groupe contrôle n = 14</i>		27.8+/-22.1	29.7+/-21.2	30.5+/-24.3	0.057
<i>Groupe expérimental n = 17</i>		21.0+/-14.2	25.1+/-15.4	26.2+/-18.3	0.002

Tableau IX: résultats de l'échelle B&B test.

Les résultats sont donnés sous la forme moyenne+/-écart type.

Pour le groupe contrôle, la kinésithérapie conventionnelle améliore la motricité du membre supérieur avec un résultat de 27.8+/-22.1 en préformation, de 29.7+/-21.2 en post-formation (+1.8 points à la moyenne) et de 30.5+/-24.3 en période de suivi (+2.7 points à la moyenne par rapport à la période d'évaluation en préformation, et +0.8 points à la moyenne par rapport à celle en post-formation). La *p value* étant de 0.057, les résultats ne sont pas statistiquement significatifs.

Pour le groupe expérimental, l'intervention améliore également la motricité dont les résultats sont de 21.0+/-14.2 en préformation, de 25.1+/-15.4 en post-formation (+4.1 points à la moyenne) et de 26.2+/-18.3 en période de suivi (+5.2 points à la moyenne par rapport à la période d'évaluation en préformation, et +1.1 points à la moyenne par rapport celle en post-formation); avec une *p value* à 0.002. Les résultats sont statistiquement significatifs.

Périodes d'évaluation	Taille de l'effet IC 95%	Taille de l'effet	Intervalle de confiance à 95% (IC 95%)
Post-formation		-4.6	[-18.06 ; 8.86]
Suivi		-4.3	[-19.95 ; 11.35]

Tableau IX bis : Calculs de la taille de l'effet par la différence post traitement de chaque groupe et de l'intervalle de confiance.

En post-formation, la taille d'effet calculée par la *différence post traitement de chaque groupe* est de -4.6 avec un IC 95% [-18.06 ; 8.86]. Cette taille d'effet est négative.

L'intervention est moins efficace que le comparateur en ce qui concerne le nombre moyen de bloc déposé d'un compartiment à l'autre. L'IC, témoignant de 95% des cas, est plus en faveur du comparateur que de l'intervention (proportion négative représente 67.09% de l'IC). Selon ses valeurs extrêmes, l'IC de 95% autour de la moyenne montre également que l'intervention peut faire diminuer de 18.06 points les résultats au B&B test mais aussi les augmenter de 8.86 points, comparativement au groupe contrôle. Dans 95% des cas les résultats seront compris entre ces deux valeurs.

En période de suivi, elle est de -4.3 donc négative, avec un IC 95% [-19.95 ; 11.35]. En rapport avec la taille de l'effet, la même conclusion peut être faite en termes d'efficacité. L'IC à 95% est plus en faveur du comparateur que de l'intervention (63.74% de l'IC). Selon ses valeurs extrêmes, l'IC de 95% autour de la moyenne montre également que l'intervention peut faire diminuer de 19.95 points les résultats au B&B test mais aussi les augmenter de 11.35 points, comparativement au groupe contrôle. Dans 95% des cas les résultats seront compris entre ces deux valeurs.

Les moyennes préformations et post-formations n'étant pas respectivement similaires entre les deux groupes, le calcul de la taille de l'effet le plus approprié est celui de la *différence des changements pré-post-traitement* :

- En post-formation: $(25.1-29.7)-(21.0-27.8) = 2.2$. Cette taille d'effet est positive : les deux groupes évoluent favorablement avec une augmentation du nombre moyen de bloc plus importante dans le groupe intervention que dans le groupe expérimental.
- En suivi : $(26.2-30.5)-(25.1-29.7) = 0.3$. Cette taille d'effet est positive et proche de zéro : les deux groupes évoluent favorablement avec une augmentation du nombre moyen de bloc légèrement plus importante pour le groupe expérimental, mais cet écart peut être considéré comme négligeable.

3.4.2.2 ENG 2018[49]

Les résultats communiqués du test Box and Block sont donnés sous la forme de médiane (valeur minimale-valeur maximale), *Tableau X*, avec une *p value* statistique en T1, T2 et période de suivi. L'écart-type n'étant pas communiqué, l'intervalle de confiance n'est pas calculable.

Périodes d'évaluation \ Groupes	Groupe contrôle <i>n</i> = 32	<i>p value</i>	Groupe expérimental <i>n</i> = 22	<i>p value</i>
T0	17.8 (4.3 à 28)	-	19.3 (11.9 à 36)	-
T1	21.0 (6.3 à 33.8)	0.002	22.5 (13.8 à 37.8)	0.006
T2	20.5 (5.5 à 34.5)	0.003	22.0 (15.3 à 35.8)	0.02
FU	21.5 (7.3 à 36.3)	0.001	19.5 (15.5 à 39.3)	0.069

Tableau X: résultats au B&B test des deux groupes

D'après le tableau ci – dessus, à T1 on retrouve une légère amélioration de la motricité, selon la médiane et les valeurs extrêmes, passant de 17.8 (4.3 à 28) à 21.0 (6.3 à 33.8) pour le groupe contrôle et de 19.3 (11.9 à 36) à 22.5 (13.8 à 37.8) pour le groupe expérimental : cette augmentation est similaire pour les deux groupes (+3.2 à la valeur médiane) avec des valeurs minimales et maximales plus hautes pour le groupe expérimental à T0 et T1.

A T2, pour le groupe contrôle 20.5 (5.5 à 34.5) la médiane diminue de 0.5 points avec une diminution de la valeur minimale et une légère augmentation de la valeur maximale.

Pour le groupe expérimental 22.0 (15.3 à 35.8), il y a également diminution de la médiane de 0.5 points avec une légère augmentation de la valeur minimale et une diminution de 2 points de la valeur maximale. Comparativement à T0, on a une augmentation de la médiane de 2.7 points pour les deux groupes.

En période de suivi et pour le groupe contrôle 21.5 (7.3 à 36.3), on retrouve une augmentation des valeurs extrêmes avec une médiane majorée d'un point. Le groupe expérimental 19.5 (15.5 à 39.3) perd encore 0.5 points sur la médiane mais on trouve une augmentation de la valeur maximale de 3.5 points et une valeur minimale quasi-similaire. Comparativement à T0, la médiane augmente de 3.7 points pour le groupe contrôle et de 0.2 pour le groupe expérimental. Les *p values* sont toutes inférieures à 0.05 donc statistiquement significatives, excepté celle du groupe expérimental en période de suivi qui est de 0.069.

La taille de l'effet calculée par la *différence post traitement de chaque groupe* est de 1.5 à T1 et T2 et de -2 en période de suivi. L'absence d'écart-type ne permet pas de calculer l'IC à 95%. A T1 et à T2, les résultats montrent que l'intervention est plus efficace que le comparateur : l'intervention augmente de 1.5 le nombre de bloc déposé d'un compartiment à l'autre, comparativement à la kinésithérapie conventionnelle. En période de suivi, les résultats montrent que l'intervention est moins efficace que le comparateur : l'intervention diminue de 2 le nombre de bloc déposé, comparativement à la kinésithérapie conventionnelle.

Les médianes pré-interventions, T1 et T2 n'étant pas respectivement identiques entre les deux groupes, le calcul de la taille de l'effet le plus approprié est celui de la *différence des changements pré-post-traitement*:

- A T1 : $(22.5-21.0)-(19.3-17.8) = 0$. Cette taille d'effet est nulle.
- A T2 : $(22.0-20.5)-(22.5-21.0) = 0$. Cette taille d'effet est nulle.

A T1 et T2, il n'y a pas de différence d'efficacité entre l'intervention et le comparateur.

- A FU : $(19.5-21.5)-(22.0-20.5) = -3.5$. Cette taille d'effet est négative : l'intervention fait perdre 3.5 points au groupe expérimental, comparativement au groupe contrôle. Le nombre de bloc du groupe expérimental diminue plus que ce qu'augmente celui du groupe contrôle.

Après quoi, des sous-groupes ont été formés à partir d'une valeur médiane de 18 déterminée. Les participants (groupe expérimental n = 12, groupe contrôle n = 16) dont la médiane est égale ou supérieure à 18 ont été analysés entre T0 (deuxième évaluation effectuée durant les deux semaines précédant le début de l'intervention) et T2 (après 16 séances d'intervention).

Périodes d'évaluation	T0	T2	p value
Sous-groupes			
Sous-groupe contrôle	10.9+/-5.0	13.7+/-5.8	-
Sous-groupe expérimental	7.4+/-6.1	9.0+/-8.0	0.08

Tableau XI: résultats de l'échelle B&B test des deux sous-groupes.

Les résultats sont donnés sous la forme moyenne+/-écart type.

Entre les deux périodes d'évaluation :

- Les patients du sous-groupe contrôle se sont améliorés de 10.9+/-5.0 à 13.7+/-5.8 à T2 (+2.8 points à la moyenne). La p value n'est pas communiquée ; la valeur statistique des résultats n'est donc pas interprétable.
- Les patients du sous-groupe expérimental ont évolué de 7.4+/-6.1 à T0 à 9.0+/-8.0 (+1.6 points à la moyenne). La p value étant de 0.08, les résultats ne sont pas statistiquement significatifs.

Taille de l'effet	Intervalle de confiance à 95% (IC 95%)
-4.7	[-10.05 ; 0.65]

Tableau XI bis : Calculs de la taille de l'effet par la différence post traitement de chaque groupe et de l'intervalle de confiance des deux sous-groupes.

Le calcul de la taille de l'effet *par la différence post traitement de chaque groupe* nous donne un résultat à -4.7 avec un IC 95% [-10.05 ; 0.65] à T2. La taille d'effet est négative : l'intervention est moins efficace que le comparateur avec, un intervalle de confiance à 95% qui est plus en faveur du comparateur que de l'intervention (la proportion négative représente 93.92% de l'IC) pour ce qui est de l'augmentation du nombre moyen de bloc.

Selon ses valeurs extrêmes, l'IC de 95% autour de la moyenne montre également que l'intervention peut faire diminuer de 10.05 points les résultats au B&B test mais aussi les augmenter de 0.65 points, comparativement au groupe contrôle. Dans 95% des cas les résultats seront compris entre ces deux valeurs.

Les moyennes pré-interventions n'étant pas similaires entre les deux groupes, le calcul de la taille de l'effet le plus approprié est celui de la *différence des changements pré-post-traitement*. Donc à T2 la taille d'effet est $(9.0-13.7)-(7.4-10.9) = -1.2$. Cette taille d'effet est négative : l'intervention fait, en moyenne, perdre 1.2 points au groupe expérimental comparativement au groupe contrôle. Les deux groupes évoluent favorablement, mais l'augmentation du nombre de bloc est plus marquée pour le groupe contrôle.

3.4.2.3 ZONDERVAN 2016[50]

L'étude précise qu' « *il n'existe aucune différence significative entre les deux groupes en ce qui concerne les critères démographiques et les caractéristiques des sujets, exceptés les résultats à l'échelle de dépression gériatrique qui a montré que les sujets du groupe de réalité virtuelle ont des niveaux de dépression significativement plus élevés ($p=0.003$), sans être un niveau moyen de dépression sévère.* », qu' « *un participant du groupe MusicGlove avait un score gériatrique de 11, indiquant une dépression sévère. Deux participants du groupe de thérapie conventionnelle avaient des antécédents d'accident vasculaire cérébral, comparativement à aucun dans le groupe MusicGlove.* » et que « *les deux groupes ont respecté le protocole demandé au cours des trois semaines d'intervention et que certains participants du groupe de thérapie conventionnelle ont poursuivi leurs exercices après cette période, contre les instructions du thérapeute* ».

De plus il nous est signalé que ce sont les résultats de la deuxième évaluation pré-intervention qui ont été retenus avec une augmentation de $2,2 \pm 3,1$ blocs, $p = 0,009$ entre ces deux évaluations (« *effet de familiarisation* »). Cette augmentation est statistiquement significative puisque la valeur de p est inférieure à 0.05.

En ce qui concerne les résultats au test Box & Block, l'étude les transmet sous forme de tableau, représenté ci-dessous, indiquant que le groupe expérimental et le groupe contrôle se sont respectivement améliorés de $2.3+/-6.2$ blocs et $4.3+/-5.0$ blocs entre la période d'évaluation pré-intervention et un mois après la fin de l'intervention (évaluation de suivi). On observe une amélioration plus importante pour le groupe contrôle (+2 points à la moyenne) pour une même période d'évaluation. La valeur de p est de 0.25 donc les résultats ne sont pas statistiquement significatifs.

Evaluations	Groupe contrôle n = 8	Groupe expérimental n = 9	Taille de l'effet/IC 95%	p value
Résultats au B&B test	$4.3+/-5.0$	$2.3+/-6.2$	$-1.9 / [-6.7 ; 2.9]$	0.25

Tableau XII: Résultats au test Box & Block calculés entre l'évaluation pré-intervention et l'évaluation de suivi.

Ce tableau nous renseigne également sur la taille de l'effet par *différence post traitement de chaque groupe* qui est de -1.9, donc négative, et sur l'intervalle de confiance à 95% (IC 95%) qui est de [-6.7 ; 2.9]. On suppose que l'intervention est moins efficace que le comparateur avec, un IC à 95% qui est plus en faveur du comparateur que de l'intervention (proportion négative représente 69.79% de l'IC). Selon ses valeurs extrêmes, l'IC de 95% autour de la moyenne montre également que l'intervention peut faire diminuer de 6.7 points les résultats au B&B test mais aussi les augmenter de 2.9 points, comparativement au groupe contrôle. Dans 95% des cas les résultats seront compris entre ces deux valeurs.

De plus, d'après les données du tableau, et en supposant que les moyennes pré-interventions ne sont pas identiques (au vu du test), on en déduit que la taille d'effet par *différence des changements pré-post-traitement* est de -2 : cela signifie que l'intervention fait perdre 2 points, en moyenne, au groupe expérimental comparativement au groupe contrôle. L'IC 95% est [-7.87 ; 3.87], il a été calculé à partir de la moyenne et de l'écart type intragroupe des deux groupes. Cet IC est plus en faveur du comparateur que de l'intervention (67.04% de l'IC), avec une intervention pouvant faire augmenter de 3.87 points sur l'échelle FMA-UE et aussi les diminuer de 7.87 points, comparativement au groupe contrôle. Dans 95% des cas les résultats seront compris entre ces deux valeurs.

Les résultats des trois études utilisant le B&B test sont représentés en *annexe 16* sous la forme de forest plot.

4 Discussion

4.1 Analyse des principaux résultats

L'analyse des principaux résultats se fera en tenant compte de la mise en relation des études par paramètres similaires (*cf. annexe17*).

Sans IC à 95%, la comparaison des tailles d'effet par *différence des changements pré-post* ne permet d'avoir l'effet moyen qu'on peut espérer sur une population plus large. Mais ces tailles d'effet restent tout de même intéressantes car, même si les valeurs pré-interventions ne sont pas identiques, il s'agit tout de même de patient avec un déficit moteur déterminé et compris dans un même intervalle de déficit moteur, sur la base d'un outil de mesure qui a été précisé. Ces tailles d'effet permettent d'apprécier la différence d'efficacité entre les deux traitements pour chaque étude, et leur comparaison permet de mettre en parallèle l'effet de l'intervention comparativement au groupe contrôle, entre chaque étude.

4.1.1 Comparaison entre les études utilisant FMA-UE

YOUNG BIN 2019[45] est la seule étude pour laquelle l'intervalle de confiance à 95%, calculé à partir de la différence de moyenne et de l'écart-type intragroupe, a pu être obtenu. En l'absence de ces IC 95% pour les trois autres études, celui-ci ne pourra pas être comparé.

PIRON 2009[46] est la seule étude qui évalue les sujets au début de l'intervention ; de ce fait, afin de comparer au mieux les études entre-elles, on interprétera les résultats de cette étude qu'à partir de l'évaluation post-formation (T60).

En prenant les études dans leur globalité on constate que seule DA SILVA 2015[47] présente une taille d'effet *par différence post traitement de chaque groupe* négative.

En considérant les trois autres pour lesquelles cette taille d'effet est positive, on observe que celles de THIELBAR 2014[48] sont globalement plus élevées que celles de YOUNG BIN 2019[45] et PIRON 2009[46].

Notons que DASILVA 2015[47] dissocie les résultats de la fonction motrice et de la coordination alors que les trois autres études présentent le score total de l'échelle FMA-UE. Ainsi, pour faciliter l'analyse des résultats nous utiliserons ceux de la fonction motrice qui représente la plus grosse partie de l'échelle et est donc la plus représentative. Cette étude est la seule des quatre études à ne pas avoir réalisé d'évaluation de suivi, et uniquement une évaluation post-formation : de ce fait, par manque de données, seules les évaluations post-formations seront mises en parallèle entre les études.

La comparaison se fera d'abord entre YOUNG BIN 2019[45] et PIRON 2009[46], puis entre THIELBAR 2014[48] et PIRON 2009[46] puis entre THIELBAR 2014[48] et YOUNG BIN 2019[45]. Pour finir, DASILVA 2015[47] sera mis en parallèle avec ces trois études.

En évaluation post-formation la taille d'effet de YOUNG BIN 2019[45] est plus faible que celle de PIRON 2009[46] : l'intervention de ce dernier semble davantage améliorer la motricité. Les intervalles de confiance à 95% croisent le zéro pour les deux études, avec une proportion négative beaucoup plus importante chez YOUNG BIN 2019[45] que chez PIRON 2009[46] (où elle est très proche de zéro). Autrement dit, un intervalle de confiance (IC) qui semble être plus en faveur de l'intervention que du comparateur chez PIRON 2009[46] (97.13% contre 52,84% de l'IC pour la proportion positive).

En période de suivi, la taille d'effet de PIRON 2009[46] reste supérieure à celle de YOUNG BIN 2019[45], avec un IC 95% strictement positif : l'intervention de PIRON 2009[46] apparaît comme meilleure à celle de YOUNG BIN 2019[45], comparativement au groupe contrôle. De plus, *pour les deux périodes d'évaluation*, l'étendue de l'IC est plus large chez YOUNG BIN 2019[45]: la dispersion des résultats est donc plus importante et l'estimation moins précise.

Or, même si la durée protocolaire de YOUNG BIN 2019[45] (6 semaines) est supérieure à celle de PIRON 2009[46] (1 mois), on observe que le temps total d'intervention par semaine est nettement plus élevé chez PIRON que chez YOUNG BIN 2019[45] (5 heures par semaine contre 1 heure 30). On peut supposer que la différence observée est en fonction de la **fréquence d'intervention hebdomadaire**. La période d'évaluation de suivi étant la même pour les deux études (un mois après la fin de l'intervention), avec une taille d'effet supérieure chez PIRON 2009[46] et un IC positif, cette hypothèse peut être validée.

Néanmoins, il est nécessaire de prendre en compte d'autres paramètres qui peuvent intervenir dans cette différence de résultats, tel que le **manque d'information** communiquée pour l'étude de YOUNG BIN 2019[45] (côté atteint testé, durée moyenne post-AVC et protocole expérimental peu détaillé).

De plus, PIRON 2009[46] utilise un système de réalité virtuelle s'intéressant au membre supérieur dans sa globalité alors que celui de YOUNG BIN 2019[45], en fonction de l'outil d'interactivité utilisé, cible le mouvement de la main et/ou du membre supérieur : cette différence pourrait également intervenir dans la divergence des résultats, avec une intervention plus efficace lorsqu'elle se concentre sur le mouvement du membre supérieur dans ***sa globalité***. Ajouter à cela, les participants du groupe expérimental de PIRON 2009[46] ont été formés au système de réalité virtuelle *avant le début de l'intervention* pour effectuer correctement les tâches motrices demandées, à l'inverse de ceux de YOUNG BIN 2019[45].

Toutefois, il faut rester vigilant sur cette analyse car les moyennes pré-interventions des deux groupes ne sont pas similaires : la comparaison des tailles d'effet par *différence des changements pré-post traitement* permet une analyse plus pertinente.

En post-formation, on trouve une amélioration de la motricité plus marquée pour le groupe contrôle chez YOUNG BIN 2019[45] et pour le groupe expérimental chez PIRON 2009[46]. Cette différence peut être ***confirmée*** par un système de réalité virtuelle qui est plus efficace lorsqu'il met en jeu tout le membre supérieur et par une fréquence d'intervention hebdomadaire plus importante.

En période de suivi et comparativement au groupe contrôle, l'intervention semble être plus efficace chez YOUNG BIN 2019[45]. La taille d'effet est négligeable chez PIRON 2009[46], avec une tendance à la baisse dans les deux groupes. Les deux semaines supplémentaires protocolaires chez YOUNG BIN 2019[45] pourraient être à l'origine de cette divergence.

Comparativement à PIRON 2009[46] et pour les deux périodes d'évaluation, les résultats de THIELBAR 2014[48] paraissent être meilleurs avec une intervention, de par la valeur supérieure de l'IC, pouvant davantage améliorer la motricité, mais une perte plus importante de par sa valeur inférieure.

Cependant, on remarque que l'intervalle de confiance semble être plus en faveur de l'intervention chez PIRON 2009[46] que chez THIELBAR 2014[48] (la proportion positive comprend 97.13% de l'IC contre 81.31% en post-formation et 100% contre 77.42% en période de suivi). L'étendue de l'IC étant plus large chez THIELBAR 2014[48], la dispersion des résultats est donc plus importante et l'estimation moins précise.

La taille de l'échantillon étant plus importante chez PIRON 2009[46] ($n = 36$ contre $n = 14$), on peut considérer qu'elle est ***plus représentative*** de la population.

En tenant compte que l'IC est nettement plus en faveur de l'intervention chez PIRON 2009[46] avec une dispersion moins prononcée, et malgré une taille d'effet plus faible, on peut supposer que ces différences sont liées à :

- un ***temps total d'intervention*** par semaine plus important chez PIRON (5 heures contre 3), malgré une durée protocolaire plus courte.
- une ***durée moyenne post-AVC*** moins longue chez PIRON 2009[46] avec des sujets dont le membre supérieur atteint est majoritairement le droit, contrairement à THIELBAR 2014[48].
- Un ***système de réalité virtuelle*** utilisé qui cible les doigts chez THIELBAR 2014[48] alors qu'il est plus global chez PIRON 2009[46] en mettant en jeu tout le membre supérieur.

Rappelons cependant que l'échelle FMA-UE utilisée comprend des parties évaluant la motricité de l'épaule, du coude et du poignet et donc que la notation de ces parties reste limitée lorsque le système de réalité virtuelle employée s'intéresse uniquement à la mobilité des doigts.

- L'**entraînement préliminaire** des sujets du groupe expérimental de PIRON 2009[46] qui ont été formés au système de réalité virtuelle avant le début de l'intervention pour effectuer correctement les tâches motrices demandées, à l'inverse de ceux de THIELBAR 2014[48].

Toutefois, la comparaison des tailles d'effet par différence des changements pré-post traitement permet une analyse plus pertinente.

En période post-formation il n'y a pas de différence d'efficacité entre intervention et comparateur chez THIELBAR 2014[48] alors que chez PIRON 2009[46] l'intervention paraît être plus efficace. En période de suivi, tous les sujets de THIELBAR 2014[48] semblent présenter une amélioration de la motricité mais elle est plus marquée pour le groupe contrôle. Ces résultats montrant ainsi que l'intervention de PIRON 2009[46] a l'air d'être globalement plus efficace que celle de THIELBAR 2014[48], les hypothèses énoncées dans le paragraphe précédent semblent pouvoir être **validées**.

Comparativement à YOUNG BIN 2019[45] et *pour les deux périodes d'évaluation*, THIELBAR 2014[48] semble être plus efficace avec de meilleurs résultats à l'intervention. *En période post-formation* l'étude de THIELBAR 2014[48] a l'air d'améliorer davantage la motricité, de par la valeur supérieure de l'IC 95%, et de par sa valeur inférieure les pertes sont moins importantes. En effet, THIELBAR 2014[48] paraît être plus en faveur de l'intervention que YOUNG BIN 2019[45] (proportion positive à 81.31% contre 52,84% de l'IC).

En période de suivi, les deux études semblent permettre une amélioration motrice quasiment similaire de par la valeur supérieure de leur IC respectif. Toutefois, on remarque que YOUNG BIN 2019[45] peut présenter une perte plus importante (valeur inférieure plus importante). En effet, même en période de suivi THIELBAR 2014[48] semble être plus en faveur de l'intervention que YOUNG BIN 2019[45] avec une proportion positive plus importante (77.42% contre 61.05% de l'IC). L'étendue des intervalles de confiance à 95% étant plus large chez YOUNG BIN 2019[45], la dispersion des résultats est donc plus importante et l'estimation moins précise.

On peut supposer que ces différences observées proviennent :

- Du **temps total d'intervention** par semaine qui est deux fois plus important chez THIELBAR 2014[48] que chez YOUNG BIN 2019[45] (3 heures contre 1 heure 30), puisque les périodes d'évaluation post-formation et de suivi sont respectivement similaires pour les deux études.
- De la présence d'une **assistance mécanique** au système de réalité virtuelle de THIELBAR 2014[48], pouvant balancer les résultats en sa faveur.
- D'un **manque d'informations** communiquées pour l'étude de YOUNG BIN 2019[45] (durée moyenne post-AVC, côté atteint testé et un protocole expérimental peu détaillé).

Toutefois, la comparaison des tailles d'effet par différence des changements pré-post traitement permet une analyse plus pertinente.

On a pu constater que :

- *En période post-formation,*
 - o Il n'y a pas de différence d'efficacité entre intervention et comparateur chez THIELBAR 2014[48] puisque la taille d'effet est nulle
 - o La motricité s'améliore dans les deux groupes pour YOUNG BIN 2019[45] mais celle-ci est plus marquée pour le groupe contrôle.
- *En période de suivi,*
 - o La motricité s'améliore dans les deux groupes pour THIELBAR 2014[48] mais celle-ci est plus marquée pour le groupe contrôle.
 - o Chez YOUNG BIN 2019[45], l'intervention semble être plus efficace que le comparateur.

L'étude de YOUNG BIN 2019[45] présente 31 sujets contre 14 pour THIELBAR 2014[48] avec une majorité d'homme dans les deux cas : on pourrait donc admettre qu'un effectif plus grand est **plus représentatif** de la population. De plus, on pourrait penser qu'au cours du temps un système de réalité virtuelle s'intéressant au membre supérieur et/ou à la main serait plus efficace qu'un système ne ciblant que les doigts (puisque l'échelle FMA-UE utilisée comprend des parties évaluant la motricité de l'épaule, du coude et du poignet). Or, compte-tenu du manque d'information en ce qui concerne l'étude de YOUNG BIN 2019[45], il est difficile d'en tirer des conclusions sur les différences de résultats observées entre ces deux études.

Restons néanmoins **modérés** quant à l'analyse des résultats des trois études précédentes. En effet, même si les tailles d'effet par différence post traitement de chaque groupe sont positives, celles-ci restent toutefois faibles (la cotation de l'échelle FMA-UE se fait sur 66 points). De plus, il est nécessaire de se référer également aux résultats par différence des changements pré-post-traitement puisqu'ils sont plus représentatifs de l'évolution propre à chaque groupe.

Intéressons-nous maintenant à DASILVA 2015[47] et YOUNG BIN 2019[45], étude pour laquelle les tailles d'effet par différence post traitement de chaque groupe sont les plus faibles. *En post formation*, YOUNG BIN 2019[45] montre que l'intervention peut présenter autant de bénéfice que la kinésithérapie conventionnelle (taille d'effet négligeable) tandis que la taille d'effet de DASILVA 2015[47] traduit que l'intervention peut faire perdre 6 points en moyenne sur la fonction motrice au groupe expérimental par rapport au groupe contrôle.

De plus, l'intervention de YOUNG BIN 2019[45] pourrait davantage améliorer la motricité au vu de la valeur supérieure de son IC 95% qui est plus haute que celle de DASILVA 2015[47], et une valeur inférieure négative moins importante.

Les intervalles de confiance à 95% montrent que la proportion négative de DASILVA 2015[47] est supérieure à celle de YOUNG BIN 2019[45] (70.94% contre 47.16%) : YOUNG BIN 2019[45] semble ainsi être plus en faveur de l'intervention que DASILVA 2015[47]. L'étendue des IC 95% est presque similaire.

La taille de l'échantillon est quasiment identique pour les deux études ; cependant DA SILVA [47] présente majoritairement des femmes. A contrario, YOUNG BIN 2019[45] présente une majorité d'hommes. On pourrait donc penser que les **hommes** seraient susceptibles de **mieux réagir** à la réalité virtuelle que les femmes. De plus l'intervention de DASILVA 2015[47] se fait sur la base de diverses activités sportives qui, en fonction du **sport choisi**, mettent plus ou moins en mouvement le membre supérieur ; ce qui pourrait ainsi avoir des **conséquences** sur la notation de l'échelle FMA-UE.

Les tailles d'effet par différence des changements pré-post-traitement en période post-formation montrent également qu'intrinsèquement à chaque groupe, l'intervention de YOUNG BIN 2019[45] apparaîtrait comme plus efficace que celle de DASILVA 2015[47], comparativement aux groupes contrôles : l'écart entre les deux groupes (même si pour les deux études il reste en faveur de la kinésithérapie conventionnelle) est plus important pour DASILVA 2015[47]. Cette différence allant dans le sens des résultats par différence post traitement de chaque groupe, les hypothèses précédentes semblent pouvoir être **validées**.

Dorénavant, comparons DASILVA 2015[47] avec THIELBAR 2014[48], étude dont les tailles d'effet par différence post traitement de chaque groupe sont positives et sont les plus hautes. En post-formation l'intervention de THIELBAR 2014[48] semble être plus efficace que celle de DASILVA 2015[47], avec un IC qui est plus en faveur de l'intervention (proportion positive représente 81.31% de l'IC pour THIELBAR 2014[48] contre 29.06% pour DASILVA 2015[47]). De plus, on remarque d'après les valeurs extrêmes de l'IC, témoignant de 95% des cas, que l'intervention de THIELBAR 2014[48] pourrait davantage améliorer la motricité que celle de DASILVA 2015[47]. A contrario, l'intervention de DASILVA 2015[47] est susceptible de diminuer la motricité plus fortement que celle de THIELBAR 2014[48]. L'étendue de l'IC 95% de DASILVA 2015[47] est un peu plus importante que celle de THIELBAR 2014[48] : les résultats sont donc un peu plus dispersés autour de la moyenne et l'estimation un peu moins précise.

Cette différence de résultats observées peut être en lien avec :

- **Une heure supplémentaire** d'activité virtuelle par semaine chez THIELBAR 2014[48], même si le protocole expérimental de DASILVA 2015[47] s'étale sur 2 mois alors qu'il est de 6 semaines chez THIELBAR 2014[48].
- **Une présence majoritaire d'hommes** chez THIELBAR 2014[48] pour lesquels le membre supérieur testé est en majorité le gauche, alors que les sujets de DASILVA 2015[47] sont majoritairement des femmes dont le membre supérieur testé est en majorité le droit : les **hommes** seraient **plus réceptifs** à la réalité virtuelle que les femmes et ces systèmes seraient plus efficaces sur le membre supérieur **gauche**.
- **Une différence de système** de réalité virtuelle employée : en ciblant la motricité des doigts THIELBAR 2014[48] s'assure d'obtenir des résultats à l'échelle FMA-UE, qui seront plus aléatoires pour DASILVA 2015[47] et dont les performances du membre supérieur seront sans doute moins marquantes.
- La présence d'une **assistance mécanique** dans le système de réalité virtuelle de THIELBAR 2014[48].

Les tailles d'effet par différence des changements pré-post-traitement montrent qu'en *période post-formation*, il n'y a pas de différence d'efficacité entre intervention et comparateur pour THIELBAR 2014[48] mais, pour DASILVA 2015[47] la kinésithérapie conventionnelle semble être la plus efficace. Compte tenu des résultats de THIELBAR 2014[48], il serait intéressant d'analyser les deux études sur une période d'évaluation plus longue afin de pouvoir affirmer ou infirmer les hypothèses de divergence précédentes, en supposant que les tailles d'effet puissent le permettre.

Pour finir, en période post-formation, et en considérant les tailles d'effet par différence post traitement de chaque groupe, PIRON 2009[46] paraît être plus efficace que DASILVA 2015[47], avec un IC 95% qui semble être plus en faveur de l'intervention (proportion positive à 81.31% de l'IC pour PIRON 2009[46] contre 29.06% pour DASILVA 2015[47]).

De plus, de par ses valeurs extrêmes, l'intervention de PIRON 2009[46] semble davantage améliorer la motricité que celle de DASILVA 2015[47] et nettement moins la diminuer. L'étendue de l'IC 95% de DASILVA 2015[47] étant beaucoup plus large que celle de PIRON 2009[46], la dispersion des résultats est plus importante et l'estimation moins précise.

On pourrait supposer que cette divergence provienne :

- D'un **temps** d'activité virtuelle hebdomadaire **plus élevé** chez PIRON 2009[46] (5 heures par semaine contre 2 heures), même si la durée protocolaire de DASILVA 2015[47] est deux fois plus longue.
- Les sujets de DASILVA 2015[47] sont majoritairement des femmes, à la différence de ceux de PIRON 2009[46], avec une durée post-AVC plus longue : on peut supposer que l'intervention serait **plus efficace** sur une population **masculine** et dont la **durée** moyenne **post-AVC** est **plus courte**.
- Un système de réalité virtuelle chez PIRON 2009[46] qui se concentre davantage sur le membre supérieur, ainsi qu'une **formation préliminaire** des participants du groupe expérimental à l'inverse de ceux de DASILVA 2015[47].

Lors de l'analyse des tailles d'effet par différence des changements pré-post-traitement, on remarque que PIRON 2009[46] a l'air d'être plus efficace que DASILVA 2015[47]; ce qui est en accord avec les résultats analysés précédemment : les hypothèses précédentes pourraient ainsi être **confirmées**.

Globalement en comparant DASILVA 2015[47] aux trois autres études, on peut supposer que la kinésithérapie conventionnelle appliquée pourrait également interférer dans cette différence de résultats : une kinésithérapie plus « *classique* » et **plus analytique**, ciblant plus particulièrement les déficits moteurs en question, pourrait de manière générale être plus efficace sur la récupération motrice qu'une rééducation fonctionnelle centrée sur les activités de la vie quotidienne.

4.2 Comparaison entre les études utilisant Box & Block test

ZONDERVAN 2016[50] est la seule étude pour laquelle l'intervalle de confiance à 95%, calculé à partir de la différence de moyenne et de l'écart-type intragroupe, a pu être obtenu. Du fait de l'absence des IC 95% pour les deux autres études, celui-ci ne pourra être comparé.

Tout d'abord, notons que pour l'étude ENG 2018[49] les résultats de la taille d'effet de chaque groupe ont été calculés à partir de **deux paramètres de position** : la médiane pour les deux groupes et la moyenne pour les deux sous-groupes. Ces paramètres représentent tous deux une valeur de distribution d'un caractère statistique quantitatif ; ces paramètres sont choisis pour illustrer au mieux la tendance de cette distribution. Or, la médiane est moins sensible aux valeurs extrêmes : pour une série de score au Box & Block test, les résultats répertoriés, pour chaque groupe, ont été moins impactés par les scores minimaux et maximaux que pour les deux autres études. De ce fait, le calcul de la taille d'effet à partir de la médiane aussi. Néanmoins, étant deux paramètres de position, **par approximation**, on estimera qu'ils restent comparables. Les intervalles de confiance n'ont pu être calculés puisque les écart-type n'ont pas été fournis. Il sera ainsi nécessaire de prendre en considération ces deux critères dans l'analyse des résultats.

D'autre part, les intervalles de confiance associés aux résultats des tailles d'effet à partir de la moyenne sont ceux des deux sous-groupes formés en considérant les scores médians les plus hauts : il peut être intéressant d'analyser ces résultats (qui représentent ceux des sujets dont l'amélioration de la motricité a été la meilleure) aux deux autres études.

En observant les résultats des études dans leur globalité, on remarque que les tailles d'effet par différence post traitement de chaque groupe, calculées à partir de la moyenne, sont négatives pour les trois études. Celles des groupes de l'étude d'ENG 2018[49], calculées à partir de la médiane, sont positives pour deux périodes d'évaluation et négative pour la dernière période.

En se référant aux groupes, on remarque que les tailles d'effet sont les plus négatives pour YOUNG BIN 2019[45] et la moins négative pour ZONDERVAN 2016[50]. Les données sont toutefois limitées pour ZONDERVAN 2016[50] car les résultats communiqués ne sont que ceux de l'évaluation de suivi (cela devra être pris en compte lors de l'analyse des résultats).

Ainsi, *en période de suivi*, l'intervention de ZONDERVAN 2016[50] semble être plus efficace que celle de YOUNG BIN 2019[45]. L'intervalle de confiance à 95% (IC 95%) apparaîtrait comme étant plus en faveur du comparateur pour les deux études, mais davantage pour ZONDERVAN 2016[50] (proportion négative à 63.74% de l'IC pour YOUNG BIN 2019[45] et 69.79% de l'IC pour ZONDERVAN 2016[50]).

En outre, en comparant les valeurs supérieures des deux IC, on observe que l'intervention de YOUNG BIN 2019[45] peut augmenter considérablement le nombre de bloc déposé d'un compartiment à un autre. Néanmoins, elle peut aussi diminuer le nombre (trois fois plus environ). De plus, l'IC de YOUNG BIN 2019[45] est largement plus étendu que celui de ZONDERVAN 2016[50] : la dispersion des résultats est donc beaucoup plus importante et l'estimation beaucoup moins précise.

Les raisons potentielles de cette différence de résultats entre les deux études pourraient être en lien avec :

- Une durée protocolaire qui est deux fois plus longue pour YOUNG BIN 2019[45] (6 semaines contre 3 semaines) mais un temps d'intervention hebdomadaire deux fois plus long pour ZONDERVAN 2016[50] (3 heures par semaine contre 1 heure 30) : on pourrait penser qu'un entraînement **plus fréquent** mais **plus court** sur la durée serait plus bénéfique qu'un entraînement moins fréquent et qui s'étale dans le temps.
- Les sujets de ZONDERVAN 2016[50] présentent un déficit léger à modéré et/ou modéré à sévère : la **marge de progression** et la plus grande motivation des sujets présentant un déficit moteur modéré à sévère, désireux de retrouver une certaine motricité, pourraient donc être plus importante que celle des sujets de YOUNG BIN 2019[45]; cela pouvant impacter les résultats en faveur de ZONDERVAN 2016[50].
- Les sujets de ZONDERVAN 2016[50] ont été sélectionnés *après deux évaluations* pré-interventions potentialisant ainsi les résultats initiaux.
- Chez ZONDERVAN 2016[50], deux participants du groupe de thérapie conventionnelle avaient des **antécédents** d'accident vasculaire cérébral, comparativement à aucun dans le groupe contrôle.
- Un **manque d'information** en ce qui concerne la durée moyenne post-AVC et le protocole expérimental chez YOUNG BIN 2019[45].
- Un système de réalité virtuelle utilisé par YOUNG BIN 2019[45] qui ne cible pas aussi bien les doigts que celui de ZONDERVAN 2016[50].

Les deux dernières raisons pourraient à la fois expliquer la plus grande dispersion des résultats de YOUNG BIN 2019[45] avec une intervention encore moins efficace que celle de ZONDERVAN 2016[50].

Toutefois, la comparaison des tailles d'effet, par *différence des changements pré-post traitement*, permet une analyse plus pertinente.

De ce fait, on peut voir que la taille d'effet de ZONDERVAN 2016[50] est négative et que celle de YOUNG BIN 2019[45] est positive mais proche de zéro. Autrement dit, il n'existe pas de différence d'efficacité entre intervention et comparateur chez YOUNG BIN 2019[45] alors que la kinésithérapie conventionnelle se révèle plus efficace chez ZONDERVAN 2016[50].

En se basant sur les mêmes durées et fréquences d'intervention et, compte tenu des résultats de YOUNG BIN 2019[45], il serait intéressant d'ajouter une **évaluation supplémentaire** pour déterminer si les différences observées sont bien en rapport avec le système de réalité virtuelle employée et avec les compétences motrices des sujets évalués. En effet, un déficit moteur modéré à sévère pourrait permettre une marge de progression plus importante avec un désir de récupération motrice majoré. A contrario, et compte tenu de la durée post-AVC synonyme d'un potentiel de récupération moindre, ce degré de déficit diminuerait les éventuelles possibilités de progression. Ainsi, en fonction de la **proportion** de sujets ayant un déficit moteur léger à modéré par rapport à ceux ayant un déficit modéré à sévère, cela influencerait **défavorablement** les résultats : on peut ainsi supposer que la réalité virtuelle est d'autant moins efficace, comparativement à la kinésithérapie conventionnelle, que le déficit moteur est important.

De plus, en ce qui concerne les antécédents des sujets, l'étude nous précise que « *ceux du groupe de réalité virtuelle ont des niveaux de dépression plus élevées que ceux du groupe contrôle* ». Ce paramètre est à prendre en compte dans la tendance des résultats.

En outre, le système de réalité virtuelle de ZONDERVAN 2016[50] ne mettant en mouvement que les doigts, celui-ci ne peut permettre un gain moteur à l'ensemble du membre supérieur ; motricité nécessaire à la réalisation complète du Box & Block test. L'étude nous précise également que « *le système de réalité virtuelle à rencontrer quelques problèmes techniques faussant ainsi les résultats par interruption prématuée de l'entraînement* ».

Pour terminer, en s'intéressant à la kinésithérapie conventionnelle appliquée chez ZONDERVAN 2016[50], on pourrait supposer qu'une kinésithérapie plus « *classique* » et ***plus analytique***, ciblant plus particulièrement les déficits moteurs des doigts et de la main, de manière générale être plus efficace sur la récupération motrice qu'une rééducation fonctionnelle centrée sur les activités de la vie quotidienne. Ajouté à cela, l'étude nous précise que « *certains participants du groupe de thérapie conventionnelle ont poursuivi leurs exercices après cette période, contre les instructions du thérapeute* ».

Comparons maintenant ENG 2018[49] à ZONDERVAN 2016[50] :

En période de suivi, les tailles d'effet par différence post traitement de chaque groupe sont quasi-identiques : ZONDERVAN 2016[50] semble être aussi efficace qu'ENG 2018[49]. L'absence d'intervalle de confiance à 95% pour ENG 2018[49] ne permet pas d'aller plus loin dans l'analyse des résultats.

Pour ce qui est de l'analyse de la taille d'effet par différence des changements pré-post-traitement, on peut s'apercevoir que l'intervention d'ENG 2018[49] pourrait être encore moins efficace que le comparateur que ce qu'elle peut l'être pour ZONDERVAN 2016[50]. La **durée** expérimentale et celle des périodes de suivi interféreraient dans cette différence de résultats :

- La durée expérimentale est de 3 semaines pour ZONDERVAN 2016[50] et de 4 semaines pour ENG 2018[49].
- L'évaluation de suivi chez ENG 2018[49] se fait à 2 mois après la fin de l'intervention et à un mois chez ZONDERVAN 2016[50].
- Le temps total d'intervention par semaine est, en soit, similaire pour les deux études (3 heures par semaine).

Néanmoins, ENG 2018[49] précise que les 45 minutes d'intervention par séance sont, en réalité, une moyenne (variant entre 25 et 60 minutes). Elle comprend l'intervention en elle-même, mais aussi l'interrogatoire du patient et ses retours au thérapeute sur la séance précédente.

Ainsi, en considérant les différences respectives entre période d'évaluation et entre durée protocolaire, il serait intéressant de recueillir les résultats de l'étude ENG 2018[49] à un mois :

- Dans le cas où sa taille d'effet serait meilleure que celle de ZONDERVAN 2016[50], on supposerait que cela est lié à la durée expérimentale de ZONDERVAN 2016[50] plus courte que celle d'ENG 2018[49].
- Dans le cas contraire, on pourrait remettre en question le temps d'intervention hebdomadaire moyen chez ENG 2018[49]: en supposant que sur ces 45 minutes une partie est consacrée à l'échange entre patient et thérapeute, cela ramène à un temps d'intervention hebdomadaire inférieur à celui de ZONDERVAN 2016[50] (3 heures d'intervention pure).

D'autres paramètres peuvent intervenir dans cette différence de résultat en faveur de ZONDERVAN 2016[50] : les sujets des deux études présentent un déficit moteur léger à modéré et/ou modéré à sévère. Sur la base du même raisonnement que précédemment établi dans le paragraphe comparant ZONDERVAN 2016[50] à YOUNG BIN 2019[45], on peut se demander qu'elle est la ***proportion*** de sujets avec un déficit modéré à sévère par rapport à celle des sujets avec un déficit léger à modéré dans chacune des deux études, et que serait son influence sur les résultats. La présence d'***antécédents*** d'AVC chez deux participants du groupe contrôle, et la ***poursuite*** de l'activité virtuelle par le groupe expérimental, au-delà de la durée protocolaire, sont également deux paramètres à prendre en compte.

En outre, contrairement à ZONDERVAN 2016[50] qui propose un jeu de réalité virtuelle centrée sur les ***préhensions manuelles***, celui d'ENG 2018[49] met en mouvement le membre supérieur et/ou la main selon trois modes de fonctionnement : dans l'hypothèse où les modes utilisés soient davantage ceux mettant en mouvement le membre supérieur, cela pourrait expliquer la différence de résultats au Box & Block test basé sur la dextérité manuelle.

L'analyse des résultats entre les deux sous-groupes d'ENG 2018[49] et les deux groupes de ZONDERVAN 2016[50] est difficilement réalisable puisque les résultats communiqués n'ont pas été recueillis au même moment.

Intéressons-nous dorénavant à ENG 2018[49] et YOUNG BIN 2019[45].

Au vue des périodes d'évaluation des deux études, l'analyse des résultats portera sur les évaluations post-formation et les évaluations de suivi :

En post-formation et selon les tailles d'effet par différence post-traitement de chaque groupe, on observe que l'étude d'ENG 2018[49] présenterait un meilleur résultat que YOUNG BIN 2019[45]. En effet, la taille d'effet de YOUNG BIN 2019[45] montre que l'intervention fait perdre 4 blocs en moyenne au groupe expérimental comparativement au groupe contrôle alors que celle d'ENG 2018[49] en fait gagner 1.5. En période de suivi et malgré un système de réalité virtuelle qui paraît être moins efficace que la kinésithérapie conventionnelle, on remarque que l'intervention d'ENG 2018[49] semble être toutefois plus efficace que celle de YOUNG BIN 2019[45], de par une taille d'effet moins négative. L'absence d'intervalle de confiance à 95% pour ENG 2018[49] aux deux périodes d'évaluation ne permet pas d'aller plus loin dans l'analyse des résultats.

Les tailles d'effet par différence des changements pré-post-traitement restant plus pertinentes quant à l'analyse des résultats, on constate que :

- *En période post-formation* il n'existe pas de différence d'efficacité entre intervention et comparateur pour ENG 2018[49] alors que l'intervention de YOUNG BIN 2019[45] fait gagner en moyenne 2 blocs au groupe expérimental comparativement au groupe contrôle.

Plusieurs paramètres pourraient expliquer que ces résultats soient plus en faveur de YOUNG BIN 2019[45] :

- Un **surplus** d'intervention de deux semaines : chez ENG 2018[49], l'intervention et la kinésithérapie conventionnelle sont appliquées durant 4 semaines à raison de 3 heures par semaine, alors que chez YOUNG BIN 2019[45] elles sont appliquées pendant 6 semaines à raison d'une heure trente par semaine.
- Les sujets de YOUNG BIN 2019[45] présentent tous un déficit léger à modéré alors qu'il peut aussi être modéré à sévère chez ENG 2018[49].

Ainsi, au vu des résultats, on pourrait estimer que les possibilités de réalisation du test Box & Block sont majorées chez des sujets dont le déficit moteur est **moindre**, pour un système de réalité virtuelle mettant en mouvement les mêmes parties du corps pour les deux études.

- *En période de suivi*, il n'existe pas de différence d'efficacité entre intervention et comparateur pour YOUNG BIN 2019[45] (taille d'effet négligeable) alors que pour ENG 2018[49] l'intervention fait perdre 3.5 blocs en moyenne au groupe expérimental, comparativement au groupe contrôle.

Trois paramètres permettraient de comprendre cette divergence :

- L'évaluation de suivi se fait deux mois après la fin de l'intervention chez ENG 2018[49] et environ un mois après chez YOUNG BIN 2019[45]. On peut ainsi supposer que le **rappoport** entre fréquence et durée totale d'intervention, avec la période d'évaluation de suivi, ne sont pas en faveur d'une augmentation du nombre de bloc au Box & Block test : la fréquence et la durée totale d'intervention sont trop courtes chez ENG 2018[49] pour une évaluation faite 2 mois après la fin de l'intervention. A contrario, chez YOUNG BIN 2019[45], une évaluation faite un mois après les six semaines d'intervention n'est peut-être pas assez longue pour observer une différence de résultats entre intervention et comparateur.
- Dans l'hypothèse que chez ENG 2018[49] il y ait plus de sujets avec un déficit modéré à sévère que léger à modéré avec peu de possibilités de récupération motrice, l'évolution des résultats, dans le temps, pourrait être influencée **défavorablement**.
- En s'intéressant à la kinésithérapie conventionnelle appliquée chez ENG 2018[49], on pourrait supposer qu'une kinésithérapie plus « *classique* » et **plus analytique**, ciblant plus particulièrement les déficits moteurs des doigts et de la main, de manière générale être plus efficace sur la récupération motrice qu'une rééducation fonctionnelle centrée sur les activités de la vie quotidienne.

Pour finir, nous allons comparer les deux sous-groupes de l'étude d'ENG 2018[49] avec les deux groupes de YOUNG BIN 2019[45] et ce, uniquement *en période post-formation* puisque nous ne disposons pas de données en période de suivi pour l'étude d'ENG 2018[49].

Ainsi, en observant les tailles d'effet par *différence post-traitement*, on note qu'elles sont toutes les deux négatives avec une valeur quantitative quasiment similaire entre les deux études : leur efficacité paraît être quasi-identique sur le groupe expérimental, comparativement au groupe contrôle. Néanmoins, l'intervalle de confiance à 95% montre qu'ENG 2018[49] est bien plus en faveur du comparateur que ce que peut l'être YOUNG BIN 2019[45] (proportion négative à 93.92% de l'IC contre 67.09%).

De plus, l'intervention de YOUNG BIN 2019[45] pourrait davantage augmenter le nombre de bloc au Box & Block test que celle d'ENG 2018[49] (où le nombre moyen de bloc déposé d'un compartiment à l'autre n'est même pas d'un). Or, l'intervalle de confiance à 95% de YOUNG BIN 2019[45] indique que le nombre de bloc perdu est supérieur à celui d'ENG 2018[49] et que la dispersion des résultats est plus importante donc l'estimation moins précise.

En sachant que la période expérimentale est plus courte chez ENG 2018[49], avec une fréquence d'intervention plus importante (4 semaines d'intervention à raison de 3 heures par semaine contre 6 semaines de formation à raison d'une heure 30 par semaine), et en supposant que les sujets de l'étude présentent en majorité un déficit modéré à sévère, il serait légitime de penser que cela permettrait de limiter la diminution du nombre de bloc déposé grâce à un **entraînement plus intensif** et à une plus grande **motivation**. A contrario, des sujets avec un pareil déficit limiteraient les possibilités d'accroissement des résultats.

D'autre part, la différence de la valeur inférieure de l'IC 95% entre les deux études pourrait à la fois être liée au fait que les sujets d'ENG 2018[49] ont été soumis à *deux évaluations pré-intervention* (électionnant ainsi les sujets avec les meilleurs résultats), et que les sujets concernés d'ENG 2018[49] sont ceux des sous-groupes (constitués à partir des sujets ayant les meilleures valeurs médianes).

En ce qui concerne la kinésithérapie conventionnelle utilisée et en se rapportant au procédé du test Box & Block, on supposerait qu'une rééducation **plus spécifique** ciblant davantage les doigts serait plus efficace qu'une rééducation en lien avec les activités de la vie quotidienne ; ceci pouvant ainsi expliquer que l'intervention de YOUNG BIN 2019[45] diminue davantage le nombre de bloc que celle d'ENG 2018[49], comparativement à la kinésithérapie conventionnelle.

Après avoir observé les tailles d'effet par différence des changements pré-post-traitement, on constate qu'en *période post-formation* l'intervention de YOUNG BIN 2019[45] apparaîtrait comme étant plus efficace que celle d'ENG 2018[49], et ce, malgré une sélection des sujets à double reprise.

En effet, l'augmentation du nombre de bloc pour le groupe expérimental est plus importante chez YOUNG BIN 2019[45]. Trois paramètres pourraient influencer ces résultats :

- Le surplus de 2 semaines d'intervention chez YOUNG BIN 2019[45].
- La présence de sujets avec un déficit moteur modéré à sévère chez ENG 2018[49].
- Le système de réalité virtuelle utilisé ; en supposant que celui de YOUNG BIN 2019[45] cible davantage la dextérité manuelle.
- La kinésithérapie conventionnelle employée chez ENG 2018[49] (sur la base du même raisonnement que précédemment).

4.3 Applicabilité des résultats en pratique clinique

4.3.1 Effets positifs vs effets négatifs de la réalité virtuelle

Dans un but thérapeutique, la réalité virtuelle semble être un moyen rééducatif *encourageant* le patient, par l'intermédiaire des nombreux systèmes existants qui proposent une *variabilité* considérable de jeux. De par son caractère *ludique*, elle semble davantage *stimuler* et *motiver* le patient qu'une séance type de kinésithérapie.

En effet, les systèmes de réalité virtuelle, quels qu'ils soient, offrent de nombreux feedback déployant ainsi une grande partie des potentialités du sujet, dans un but tout aussi fonctionnel.

Aucun effet négatif n'a pour le moment été rapporté sur les systèmes de réalité virtuelle. Cependant, il faut être prudent quant à leur utilisation car les dispositifs les constituant peuvent entraîner des *effets secondaires* ; tels que des crises d'épilepsie, des troubles de la vision et du comportement. La rééducation par réalité virtuelle est considéré comme un apprentissage moteur qui, trop intense ou répété de manière stéréotypée, peut aussi entraîner une aggravation des lésions cérébrales, l'apparition de dystonies d'action... Soyons ainsi *raisonnables* en termes d'utilisation journalière, en privilégiant les pauses et en restant *vigilants* sur les antécédents médicaux et troubles associés des participants.

4.3.2 Rapport coût/efficacité

En se rapportant aux résultats des quatre études utilisant l'*échelle FMA-UE*, trois études sur quatre présentent un intervalle de confiance, témoignant de 95% des cas, qui apparaît être plus en faveur de l'intervention que du comparateur, avec des valeurs moyennes variant de +17 à -11 points. Les tailles d'effet sont positives (+6.8 points en moyenne au maximum), semblable à une intervention plus efficace. Compte tenu de l'étendue des intervalles de confiance à 95%, selon les cas, la taille d'effet est aussi, parfois, négative, traduisant ainsi que l'intervention peut également faire perdre des points sur l'échelle d'évaluation, comparativement à la kinésithérapie conventionnelle. De plus, ces étendues sont larges synonyme d'une dispersion importante des résultats ; ce qui diminue la précision de l'estimation.

Or, les tailles d'effet par différence des changements pré-post traitement, reflétant l'évolution propre de chaque groupe, sont diverses : deux sont négatives, trois montrent qu'il n'y a pas de différence entre les deux traitements, et deux sont positives.

Celles qui sont positives restent néanmoins faibles (2 à 3 points supplémentaires sur une échelle de 66).

Pour ce qui est de l'évaluation de la motricité fine par le *test Box & Block*, les intervalles de confiance à 95% révèlent que les résultats sont plus en faveur de la kinésithérapie conventionnelle que de la réalité virtuelle, avec des valeurs moyennes variant de -20 à +11 points. Les tailles d'effet sont négatives (-4.7 points en moyenne au maximum), semblable à une intervention moins efficace. L'étendue des IC à 95%, montre que la taille d'effet est aussi, parfois, positive, traduisant ainsi que l'intervention peut également faire augmenter le nombre de bloc, comparativement à la kinésithérapie conventionnelle. La même conclusion peut être faite en ce qui concerne la précision de l'estimation.

Or, les tailles d'effet, par *différence des changements pré-post traitement*, sont aussi diverses : 2 montrent qu'il n'y a pas de différence d'efficacité entre les deux traitements, 2 sont négatives et une seule est positive mais reste faible (2 blocs supplémentaire en moyenne).

Ainsi, selon une tendance globale et si l'on se rapporte aux *premiers résultats* obtenus, on pourrait admettre que la réalité virtuelle serait **plus efficace** que la kinésithérapie conventionnelle dans la récupération de la **motricité globale** du membre supérieur mais **moins efficace** pour ce qui est de la **motricité fine** et de la dextérité manuelle.

Néanmoins, en se rapportant aux *seconds résultats*, qui prennent en compte l'évolution de chaque groupe, ceux-ci ne montrent pas de différence d'efficacité **avérée** entre les deux traitements. Cependant, l'absence d'intervalle de confiance à 95% ne permet pas d'avoir l'effet moyen observé sur une population plus large : ces résultats sont ainsi à prendre avec **modération** car ils sont limités à leur propre étude.

En outre, l'ensemble des résultats est à prendre avec **prudence**. Au vue de leur diversité, il serait peut-être judicieux d'augmenter le nombre d'étude pour chaque outil de mesure, et, affiner et préciser les critères d'inclusion des études.

Les systèmes de réalité virtuelle représentent un investissement financier **conséquent**. Le tarif est variable et évolue en fonction des projets. Pour estimer le budget, plusieurs paramètres rentrent en compte :

- La quantité et la complexité des interactions à mettre en place.
- Le niveau de détail et la complexité des éléments à concevoir.
- La richesse des ambiances lumineuses et sonores.
- Les degrés d'accessibilité des animations.
- Le niveau de réalisme souhaité.

Le prix d'achat peut varier de quelques centaines à plusieurs dizaines de milliers d'euro en fonction du système désiré.

Ajouté au budget, les systèmes de réalité virtuelle demandent la mise à disposition d'un espace de **stockage** et nécessitent des **ressources humaines** certaines quant à l'installation, à l'entretien et au suivi du système.

Au vu des résultats d'efficacité, on peut se demander si l'investissement financier et humain pour un système de réalité virtuelle, que celui-ci vise la motricité globale ou fine, vaut le coup d'être mis à profit.

4.4 Qualité des preuves

La qualité des preuves est déterminée à partir des grades de recommandations de la Haute Autorité de Santé. Ces grades permettent de classer les recommandations sur la base de niveaux de preuves[51] :

- Une recommandation de grade A est fondée sur une preuve scientifique établie par des études de fort niveau de preuve.
- Une recommandation de grade B est fondée sur une présomption scientifique fournie par des études de niveau intermédiaire de preuve.

- Une recommandation de grade C est fondée sur des études de moindre niveau de preuve.

Ces grades sont répertoriés en *annexe 3bis- Tableau 2 : Grades des recommandations selon HAS*.

Dans cette revue systématique, les études incluses sont toutes des essais comparatifs randomisés de faible puissance compte-tenu de leur taille d'échantillon. On acceptera ainsi un **grade B**.

4.5 Biais potentiels de la revue

4.5.1 Un modèle PICO applicable dans un champ clinique plus large ?

4.5.1.1 Population

La revue systématique s'intéresse à une population spécifique : les critères d'inclusion ont été rédigés dans le protocole de recherche, et les caractéristiques de la population propre à chaque étude ont été précisées en *annexes 9 à 14*. Aussi, la taille de l'échantillon de chaque étude reste trop faible pour pouvoir être représentative de la population.

4.5.1.2 Intervention

La réalité virtuelle est une innovation technologique pour laquelle plusieurs systèmes existent. En effet, les systèmes utilisés dans les études font tous appel à la réalité virtuelle car ils plongent le patient dans un environnement artificiel et augmenté. Néanmoins, ils sont tous différents d'une étude à l'autre. Cependant, leur intérêt reste le même puisque tous incitent, plus ou moins en entier, le membre supérieur à se mouvoir de manière fonctionnelle.

En outre, les protocoles utilisés ont été précisés et sont spécifiques à chaque étude : le système de réalité virtuelle a été présenté et son mode de fonctionnement correctement détaillé, excepté YOUNG BIN 2019[45], ainsi que les durées et fréquence d'intervention (*cf. annexe 9 à 14*).

4.5.1.3 Comparateur

Dans cette revue, l'intervention a été comparée à la kinésithérapie conventionnelle (*cf. annexe 9 à 14*). Or, la kinésithérapie offre un champ de compétence très riche à ses professionnels de santé. De ce fait, les moyens rééducatifs employés peuvent varier d'une étude à l'autre : cette rééducation s'intéresse, pour certaines, au fonctionnelle, en lien avec les activités de la vie quotidienne ; pour d'autres, elle est plus analytique ciblant de manière spécifique les déficits rencontrés.

4.5.1.4 Critère de jugement et Outil de mesure

L'objectif de cette revue a été de savoir si la réalité virtuelle est plus efficace que la kinésithérapie conventionnelle sur la récupération motrice du membre supérieur chez les patients hémiplégiques chroniques.

Ainsi, ici, le critère de jugement est synonyme de mouvements (et non pas de force) du membre supérieur, droit ou gauche, dans sa globalité ou ciblant une portion de membre. Les deux outils de mesure retenus, pour évaluer ce critère de jugement, répondent chacun de manière spécifique au critère de jugement évalué.

4.5.2 Analyse critique

L'interprétation, des résultats des études utilisées quant à la rédaction de cette revue de littérature, doit prendre en compte les **divers biais** rencontrés :

- Les quatre biais (attrition, sélection, évaluation et suivi) pour chaque étude, détaillés dans la sous-partie *3.3 Risques de biais des études incluses*.
- Les scores PEDro des études allant de 6 à 8 sur 10.
- Une taille d'échantillon des six études qui reste faible pour être représentatif de la population générale.
- Des écart-types relativement important pour ce qui est de l'âge et de la durée post-AVC des sujets.
- Les valeurs de la cotation du déficit diffèrent entre les deux groupes, mais le degré de déficit moteur est similaire. Il existe une catégorie de déficit moteur supplémentaire pour deux des trois études utilisant le Box & Block test.
- La répartition de sujet avec un déficit moteur léger, modéré ou sévère dans chaque groupe reste inconnue.
- Pour deux des six études, les participants ont été recrutés au début de l'étude après deux évaluations sélectionnant ainsi les meilleurs sujets.
- Pour une autre, les participants ont été entraînés au système de réalité virtuelle avant le début de l'étude.
- La présence, dans une étude, d'une assistance mécanique au système de réalité virtuelle lors de son utilisation.
- La présence d'un conflit d'intérêt financier pour une des six études. Pour cette même étude :
 - o Le système de réalité virtuelle a rencontré quelques problèmes techniques.
 - o Les sujets du groupe expérimental ont dû continuer l'intervention après l'évaluation post-formation (à la différence de ceux du groupe contrôle).
 - o Les sujets du groupe expérimental avaient un niveau de dépression significativement plus élevé.
 - o Deux participants du groupe contrôle avaient des antécédents d'AVC.
 - o Certains participants du groupe contrôle ont poursuivi la kinésithérapie conventionnelle après la fin de la durée protocolaire (cette fois, contre l'avis du thérapeute).
- Une des six études ne s'intéresse pas exclusivement au membre supérieur.
- Un manque de recul sur la différence d'efficacité à long terme.
- Des résultats fournis à partir de deux paramètres de position différents.

Aussi, l'interprétation des résultats **ne peut être extrapolée** à tous les contextes ou à toutes les populations. En effet, on peut se demander si les résultats seraient similaires en modifiant ou en précisant d'avantage, au préalable, les critères d'éligibilité :

- Pour une population plus jeune, en phase aiguë d'un accident vasculaire cérébral : deux critères favorisant le processus de plasticité cérébral donc optimisant les potentialités de récupération motrice. D'autre part, cette population plus jeune serait-elle plus réceptive à la réalité virtuelle ?
- Pour un âge et une durée post-AVC respectivement similaire entre chaque sujet.
- La gravité de l'AVC n'est pas la même en fonction de son type (ischémique ou hémorragique) et de sa localisation: ces deux facteurs influencerait-ils les possibilités de récupération et interfèreraient-ils ainsi avec les résultats ?
- Préciser le degré de déficit moteur préalablement évalué : soit léger, soit modéré, soit sévère, réduisant ainsi les intervalles de déficience motrice.
- Définir le type de système de réalité virtuelle utilisé: ne s'intéresser qu'à celui mettant en mouvement le membre supérieur, ou bien, qu'à celui ciblant uniquement la motricité fine. Choisir ainsi l'outil de mesure le plus approprié.
- Se concentrer sur une kinésithérapie, soit, plus fonctionnelle, soit, plus analytique, en rapport avec les déficits rencontrés.
- Augmenter le temps et la fréquence d'application de la réalité virtuelle.
- Combiner les systèmes entre eux.
- Enoncer clairement le lieu où sont effectués les deux traitements : qu'elle soit virtuelle ou conventionnelle, une rééducation effectuée à l'hôpital/clinique serait-elle de même qualité que réalisée à domicile ?

Pour cette revue de littérature, l'hétérogénéité des critères d'éligibilité est justifiée par le fait qu'il existe à ce jour peu d'études en vigueur.

Afin d'**apprecier** les biais de cette revue de littérature, nous allons utiliser la grille AMSTAR qui permet d'évaluer la **qualité méthodologique** des revues systématiques.

4.5.3 Grille AMSTAR

Cette grille d'évaluation repose sur onze items :

Item 1 : « *Un protocole de recherche établi à priori est-il fourni ?* ». Avant de commencer la rédaction de cette revue systématique, une question de recherche clinique de type thérapeutique a été formulée ainsi que, la stratégie de recherche documentaire, les critères d'éligibilité des études et l'évaluation des risques de biais à venir. Un protocole de recherche a donc bien été fourni.

Item 2 : « *La sélection des études et l'extraction des données ont-ils été confiés à au moins deux personnes ?* ». La conception et la rédaction de cette revue systématique a été l'objet d'un travail personnel au vue d'obtenir le diplôme d'état de masso-kinésithérapeute.

Item 3 : « *La recherche documentaire était-elle exhaustive ?* ». La recherche documentaire a été exhaustive puisque trois bases de recherches (détaillées dans 2.2 Méthodologie de recherche des données) ont été utilisées et complétées par l'utilisation de la littérature grise.

La stratégie de recherche documentaire a été détaillée dans 2.3.1 Sélection des études.

Item 4 : « *La nature de la publication (littérature grise, par exemple) était-elle un critère d'inclusion ?* ». La recherche documentaire s'est faite sans tenir compte du type de publication et de la langue. Cependant, l'année de publication des études a fait l'objet d'un critère d'inclusion. La littérature grise a uniquement été acceptée pour aider à la rédaction de l'introduction.

Item 5 : « *Une liste des études (incluses et exclues) est-elle fournie ?* ». Le diagramme de flux (cf.*annexe 6*) illustre les différentes étapes de sélection des études. Une liste des études incluses a été donnée dans « *3.1 Etapes de recherche des études* », et celle des études exclues est retrouvée en *annexe 7*.

Item 6 : « *Les caractéristiques des études incluses sont-elles indiquées ?* ». Les caractéristiques des études incluses sont indiquées sous forme de tableau (*Tableau II- Synthèse des études selon le modèle PICO*) dans « *3.2 Description des études sélectionnées selon le modèle PICO* ».

Item 7 : « *La qualité scientifique des études incluses a-t-elle été évaluée et consignée ?* ». L'échelle PEDro a été utilisée afin d'évaluer la qualité scientifique des études incluses. Cette évaluation est représentée par le *Tableau III-Score PEDro des 6 articles sélectionnés* de la partie *3.Résultats*. Les études sont toutes des essais cliniques randomisés.

Item 8 : « *La qualité scientifique des études incluses dans la revue a-t-elle été utilisée adéquatement dans la formulation des conclusions ?* ». Lors de l'analyse des résultats et de la rédaction de la conclusion de la revue, les résultats d'évaluation de la rigueur méthodologique et de la qualité scientifique des études incluses ont été pris en compte. Cela a été préalablement et explicitement formulé dans la partie *2 Méthode*.

Item 9 : « *Les méthodes utilisées pour combiner les résultats des études sont-elles appropriées ?* ». Ces méthodes ne sont pas demandées à notre niveau.

Item 10 : « *La probabilité d'un biais de publication a-t-elle été évaluée ?* ». La probabilité d'un biais de publication n'a pas été évaluée ; il faut toutefois en tenir compte.

Item 11 : « *Les conflits d'intérêt ont-ils été déclarés ?* ». Aucun conflit d'intérêt n'existe pour cette revue systématique.

5 Conclusion

En plein essor, la réalité virtuelle, au sens large, prend de plus en plus de place dans la vie quotidienne de l'Homme. Ses dispositifs sont constamment mis à contribution dans divers domaines, qu'ils soient scientifiques ou non. Cette revue de littérature permet d'actualiser son intérêt d'application en kinésithérapie, mis en parallèle avec celui du soin masso-kinésithérapeutique en tant que tel, dans la récupération motrice du membre supérieur du patient hémiplégique en phase chronique. Ainsi, il est possible de dégager diverses implications, en lien avec la pratique clinique ou bien avec la recherche.

5.1 Implication pour la pratique clinique

Les résultats recueillis dans cette revue systématique sont à considérer avec attention, en tenant compte des divers facteurs, dans la mesure où ils montrent une tendance globale d'efficacité ou de non efficacité de la réalité virtuelle vis-à-vis de la kinésithérapie conventionnelle.

L'échantillon de chaque étude étant assez faible, l'applicabilité de cette intervention ne peut être généralisée à une population de patients en phase chronique d'accident vasculaire cérébral, avec déficit moteur du membre supérieur.

Cependant, même si les interventions restent assez hétérogènes, et, en tenant compte de la variabilité des résultats, on peut tout de même constater qu'ils sembleraient être:

- Plus en faveur des systèmes de réalité virtuelle pour ce qui est de la motricité globale du membre supérieur.
- Plus en faveur de la kinésithérapie conventionnelle pour ce qui est de la motricité fine.
- Sans pour autant montrer une véritable différence d'efficacité entre les deux traitements.

La fréquence et le temps d'application sont deux paramètres qui méritent d'être approfondis.

Au vu des effets secondaires possiblement causés par les systèmes de réalité virtuelle, et des investissements financier et énergétique humain nécessaires à sa mise en place, il serait sans doute préférable d'obtenir des résultats plus probants avant de l'inclure dans le panel d'outils thérapeutiques du masso-kinésithérapeute.

Néanmoins, ne négligeons pas le caractère ludique et nouveau de la réalité virtuelle qui joue sur la motivation du sujet, en termes de réalisation mais aussi de répétition et d'intensification de la tâche motrice. Ces paramètres ne sont pas à négliger car ils potentialiseraient les possibilités de récupération motrice.

5.2 Implication pour la recherche

Dans un but de précision des résultats, il serait nécessaire d'effectuer d'autres recherches scientifiques. En effet, multiplier les études d'essais cliniques randomisés de forte puissance, avec un échantillonnage plus représentatif de la population, permettrait d'obtenir une tendance plus fiable. Il resterait intéressant de préciser et d'homogénéiser les modalités des systèmes de réalité virtuelle utilisés et étudiés, et de choisir un unique outil de mesure (le plus pertinent).

L'évaluation sur le long terme serait également à effectuer pour démarquer davantage les résultats, et ainsi obtenir une différence d'efficacité entre les deux traitements plus prononcée.

D'autre part, les recherches analyseraient si les résultats sont similaires en fonction de la population étudiée : il est envisageable que l'application d'un système de réalité virtuelle, sur un public plus jeune et/ou en phase aiguë d'accident vasculaire cérébral, aurait un meilleur effet.

Le temps et la fréquence d'application par semaine ainsi que la durée nécessaire sont aussi à préciser dans le but d'établir un protocole généralisé, à chaque type de système de réalité virtuelle, pour une population précise. Ce facteur temps semble être un élément clinique pertinent : en augmentant le temps d'intervention par semaine, par l'association de plusieurs systèmes de réalité virtuelle, cela maximiserait, sans-doute, l'intérêt de chacun d'entre eux, et, potentialiserait ainsi leurs effets sur la fonction motrice.

Pour finir, l'élargissement des recherches à l'efficacité de la réalité virtuelle, comparativement à celle de la kinésithérapie conventionnelle, sur la récupération motrice du membre inférieur du patient hémiplégique, ou encore, sur sa posture, son tonus et son équilibre, serait pertinent.

A l'avenir, il serait sans-doute intéressant d'effectuer une nouvelle revue de littérature, sachant que le plein potentiel de cette technologie n'est pas encore atteint, les systèmes de réalité virtuelle pourraient alors avoir un effet considérablement plus marqué sur l'amélioration de la motricité.

L'intérêt de la rééducation motrice par les systèmes de réalité virtuelle nécessite la poursuite de la recherche clinique, pour que cette innovation technologie puisse faire partie, à juste titre, de l'arsenal thérapeutique du masso-kinésithérapeute en tant que nouvelle thérapie.

6 Bibliographie

- [1] Laver KE, Lange B, George S, Deutsch JE, Saposnik G, Crotty M. Virtual reality for stroke rehabilitation. Cochrane Database Syst Rev 2017;2017. doi:10.1002/14651858.CD008349.pub4.
- [2] Reinhard Rohkamm. Atlas de Neurologie. Medecine-Sciences. 2005.
- [3] Échographie Doppler des troncs n.d. <https://www.elsevier.com/fr-fr/connect/imagerie-medicale/Echographie-doppler-des-troncs-supra-aortiques> (accessed January 19, 2020).
- [4] Système artériel Cérébral. n.d.
- [5] Vascularisation du système nerveux Par Jozsef Kiss et les membres du Neuroclub 2. Drainage veineux 2.1 Sinus veineux 2.2 Veines superficielles 2.3 Veines profondes. n.d.
- [6] J.P HELD. Rééducation des hémiplégiques. n.d.
- [7] Accident vasculaire cérébral (AVC) | Inserm - La science pour la santé n.d. <https://www.inserm.fr/information-en-sante/dossiers-information/accident-vasculaire-cerebral-avc> (accessed October 24, 2019).
- [8] OMS | Accident vasculaire cérébral (AVC). WHO 2015.
- [9] L'ACCIDENT VASCULAIRE CEREBRAL - Institut du Cerveau et de la Moelle Epinière n.d. <https://icm-institute.org/fr/actualite/laccident-vasculaire-cerebral/> (accessed January 19, 2020).
- [10] de Peretti C. Les risques de décès un an après un accident vasculaire cérébral. 2008.
- [11] Le système carotidien Les artères carotides externes desservent la... | Download Scientific Diagram n.d. https://www.researchgate.net/figure/Le-systeme-carotidien-Les-arteres-carotides-externes-desservent-la-majeure-partie-des_fig4_30515158 (accessed February 10, 2020).
- [12] La sténose carotidienne Maladie, diagnostic et traitements. n.d.
- [13] Vincent P. LES ACCIDENTS VASCULAIRES CEREBRAUX. 2008.
- [14] Caucheteux N, Benaissa A, Drame M, Serre I, Pierot L, Bakchine S, et al. Occlusion du tronc basilaire : quels éléments pronostiques à l'admission ? Rev Neurol (Paris) 2015;171:A34. doi:10.1016/j.neurol.2015.01.071.
- [15] Hacke W, Kaste M, Bogousslavsky J, Sui L, Brainin M, Gugling M, et al. European Stroke Initiative AVC ischémique Prévention et Traitement Information pour médecins hospitaliers et libéraux Ecrit par: Pour le Comité Exécutif de l'EUSI. 2003.
- [16] Hémorragie cérébrale - Campus de Neurochirurgie n.d. <http://campus.neurochirurgie.fr/spip.php?article152> (accessed January 20, 2020).
- [17] UNIVERSITE PARIS VAL-DE-MARNE FACULTE DE MEDECINE DE CRETEIL ***** ANNEE 2008 N° THESE. n.d.
- [18] Onnart DH, Ournier CF. Chapitre 33 Étiologies, critères de gravité et pronostic. n.d.
- [19] Quelles sont les causes de hémorragies cérébrales ? | Fondation pour la Recherche sur les AVC n.d. <http://www.fondation-recherche-avc.org/faq/quelles-sont-les-causes-d-hemorragies-cerebrales> (accessed January 20, 2020).
- [20] Hémorragie intracérébrale - Troubles du cerveau, de la moelle épinière et des nerfs - Manuels MSD pour le grand public n.d. <https://www.msdmanuals.com/fr/accueil/troubles-du-cerveau-de-la-moelle-epineure-et-des-nerfs/accident-vasculaire-cerebral-avc/hemorragie-intracerebrale> (accessed January 20, 2020).
- [21] La prévention des AVC n.d. <https://solidarites-sante.gouv.fr/soins-et-maladies/maladies/maladies-cardiovasculaires/accident-vasculaire-cerebral-avc/article/la-prevention-des-avc> (accessed January 19, 2020).
- [22] Haute Autorité de Santé - Accident vasculaire cérébral : méthodes de rééducation de la fonction motrice chez l'adulte n.d. https://www.has-sante.fr/jcms/c_1334330/fr/accident-vasculaire-cerebral-methodes-de-reeducation-de-la-fonction-motrice-chez-l-adulte (accessed February 10, 2020).

- [23] MAGICapp - Making GRADE the Irresistible Choice - Medical Guidelines n.d. <https://app.magicapp.org/app#/guideline/3973> (accessed February 10, 2020).
- [24] After stroke - Guide n.d. https://www.stroke.org/-/media/stroke-files/life-after-stroke/life-after-stroke-guide_7819.pdf?la=en&hash=C550C0FF41E2229198644AE018F38499C61FCDAD (accessed February 10, 2020).
- [25] J.Pélissier-B.Bussel-V.Brun. Innovations thérapeutique et hémiplégie vasculaire. Masson. 2005.
- [26] Lee SH, Lee JY, Kim MY, Jeon YJ, Kim S, Shin JH. Virtual Reality Rehabilitation With Functional Electrical Stimulation Improves Upper Extremity Function in Patients With Chronic Stroke: A Pilot Randomized Controlled Study. *Arch Phys Med Rehabil* 2018;99:1447-1453.e1. doi:10.1016/j.apmr.2018.01.030.
- [27] Life After Stroke | American Stroke Association n.d. <https://www.stroke.org/en/life-after-stroke> (accessed February 10, 2020).
- [28] Définition | Plasticité cérébrale - Plasticité neuronale - Neuroplasticité | Futura Santé n.d. <https://www.futura-sciences.com/sante/definitions/corps-humain-plasticite-cerebrale-15833/> (accessed January 20, 2020).
- [29] Decety J, Grèzes J, Costes N, Perani D, Jeannerod M, Procyk E, et al. Brain activity during observation of actions. Influence of action content and subject's strategy. *Brain* 1997;120:1763–77. doi:10.1093/brain/120.10.1763.
- [30] Iacoboni M, Woods RP, Brass M, Bekkering H, Mazziotta JC, Rizzolatti G. Cortical mechanisms of human imitation. *Science* (80-) 1999;286:2526–8. doi:10.1126/science.286.5449.2526.
- [31] Rizzolatti G, Luppino G. The cortical motor system. *Neuron* 2001;31:889–901. doi:10.1016/S0896-6273(01)00423-8.
- [32] (PDF) Does Mental Practice Enhance Performance? n.d. https://www.researchgate.net/publication/228118007_Does_Mental_Practice_Enhance_Performance (accessed November 4, 2019).
- [33] Dystonies n.d. [http://association.gens.free.fr/NEUROLOGIA/EMC_neurologie/4_Semiologie_generale/\\$Mouvements_anormaux_EMС.pdf](http://association.gens.free.fr/NEUROLOGIA/EMC_neurologie/4_Semiologie_generale/$Mouvements_anormaux_EMС.pdf) (accessed March 18, 2020).
- [34] scientifique YP-K, 2007 undefined. La plasticité cérébrale après avc. KinedocOrg n.d.
- [35] Apprentissage moteur, Carmen Mihaela Cirstea, 2004. n.d.
- [36] Haute Autorité de Santé - Accident vasculaire cérébral. Pertinence des parcours de rééducation/réadaptation après la phase initiale de l'AVC n.d. https://www.has-sante.fr/jcms/c_2972905/fr/accident-vasculaire-cerebral-pertinence-des-parcours-de-reeducation/readaptation-apres-la-phase-initiale-de-l-avc (accessed January 20, 2020).
- [37] Définition : Qu'est-ce que la réalité virtuelle ? n.d. <https://www.realite-virtuelle.com/definition-realite-virtuelle/> (accessed November 4, 2019).
- [38] Ramachandran VS, Hirstein W. The perception of phantom limbs. The D. O. Hebb lecture. *Brain* 1998;121:1603–30. doi:10.1093/brain/121.9.1603.
- [39] Ikbali Afsar S, Mirzayev I, Umit Yemisci O, Cosar Saracgil SN. Virtual Reality in Upper Extremity Rehabilitation of Stroke Patients: A Randomized Controlled Trial. *J Stroke Cerebrovasc Dis* 2018;27:3473–8. doi:10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2018.08.007.
- [40] Un outil de réalité virtuelle pour faciliter la rééducation après un accident vasculaire cérébral (AVC) | CNSA n.d. <https://www.cnsa.fr/recherche-et-innovation/resultats-de-recherche/un-outil-de-realite-virtuelle-pour-faciliter-la-reeducation-apres-un-accident-vasculaire-cerebral-avc> (accessed January 16, 2020).
- [41] Rééduquer les pathologies avec la réalité virtuelle | KineQuantum n.d. <https://www.kinequantum.com/indications-en-kinesitherapie> (accessed January 16, 2020).
- [42] Revue détaillée de la Fugl-Meyer Assessment (FMA) - Stroke Engine n.d. <https://www.strokengine.ca/fr/indepth/revue-detailee-du-fugl-meyer-assessment-fma/> (accessed January 22, 2020).
- [43] Singer B, Garcia-Vega J. The Fugl-Meyer Upper Extremity Scale. *J Physiother* 2017;63:53. doi:10.1016/j.jphys.2016.08.010.

- [44] (PDF) Automatic Outcome in Manual Dexterity Assessment Using Colour Segmentation and Nearest Neighbour Classifier n.d. https://www.researchgate.net/publication/327356107_Automatic_Outcome_in_Manual_Dexterity_Assessment_Using_Colour_Segmentation_and_Nearest_Neighbour_Classifier#pf3 (accessed January 27, 2020).
- [45] Oh Y Bin, Kim GW, Han KS, Won YH, Park SH, Seo JH, et al. Efficacy of Virtual Reality Combined With Real Instrument Training for Patients With Stroke: A Randomized Controlled Trial. *Arch Phys Med Rehabil* 2019;100:1400–8. doi:10.1016/j.apmr.2019.03.013.
- [46] Piron L, Turolla A, Agostini M, Zucconi C, Cortese F, Zampolini M, et al. Exercises for paretic upper limb after stroke: A combined virtual-reality and telemedicine approach. *J Rehabil Med* 2009;41:1016–20. doi:10.2340/16501977-0459.
- [47] Da Silva Ribeiro NM, Dominguez Ferraz D, Pedreira É, Pinheiro Í, Da Silva Pinto AC, Gomes Neto M, et al. Virtual rehabilitation via Nintendo Wii® and conventional physical therapy effectively treat post-stroke hemiparetic patients. *Top Stroke Rehabil* 2015;22:299–305. doi:10.1179/1074935714Z.00000000017.
- [48] Thielbar KO, Lord TJ, Fischer HC, Lazzaro EC, Barth KC, Stoykov ME, et al. Training finger individuation with a mechatronic-virtual reality system leads to improved fine motor control post-stroke. *J Neuroeng Rehabil* 2014;11:171. doi:10.1186/1743-0003-11-171.
- [49] Schuster-Amft C, Eng K, Suica Z, Thaler I, Signer S, Lehmann I, et al. Effect of a four-week virtual reality-based training versus conventional therapy on upper limb motor function after stroke: A multicenter parallel group randomized trial. *PLoS One* 2018;13. doi:10.1371/journal.pone.0204455. [50] Zondervan DK, Friedman N, Chang E, Zhao X, Augsburger R, Reinkensmeyer DJ, et al. Home-based hand rehabilitation after chronic stroke: Randomized, controlled single-blind trial comparing the music glove with a conventional exercise program. *J Rehabil Res Dev* 2016;53:457–72. doi:10.1682/JRRD.2015.04.0057.
- [51] Niveaux de preuve HAS n.d. https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2013-06/etat_des_lieux_niveau_premiere_gradation.pdf (accessed February 11, 2020).
- [52] FMA-UE PROTOCOL FUGL-MEYER ASSESSMENT UPPER EXTREMITY (FMA-UE) Date: Assessment of sensorimotor function Examiner. n.d.
- [53] Mathiowetz V, Volland G, Kashman N, Weber K. Adult norms for the Box and Block Test of manual dexterity. *Am J Occup Ther Off Publ Am Occup Ther Assoc* 1985;39:386–91. doi:10.5014/ajot.39.6.386.
- [54] protocole CT ZONDERVAN 2016.pdf n.d.
- [55] Housman SJ, Scott KM, Reinkensmeyer DJ. A randomized controlled trial of gravity-supported, computer-enhanced arm exercise for individuals with severe hemiparesis. *Neurorehabil Neural Repair* 2009;23:505–14. doi:10.1177/1545968308331148.

ANNEXE 1

Tableaux cliniques AVC ischémique

Occlusion du territoire carotidien [2]

Tronc brachiocéphalique : l'occlusion de ce tronc peut soit produire un AVC, soit resté asymptomatique si les collatérales sont en nombre suffisantes.

Artère carotide commune : lorsque le nombre de collatérale est suffisant pour assurer la compensation artérielle, l'occlusion de cette artère reste asymptomatique. En cas d'insuffisance, le tableau clinique est proche de celui de l'occlusion de l'artère carotide interne. Toutefois, la thrombose de l'artère carotide commune reste rare.

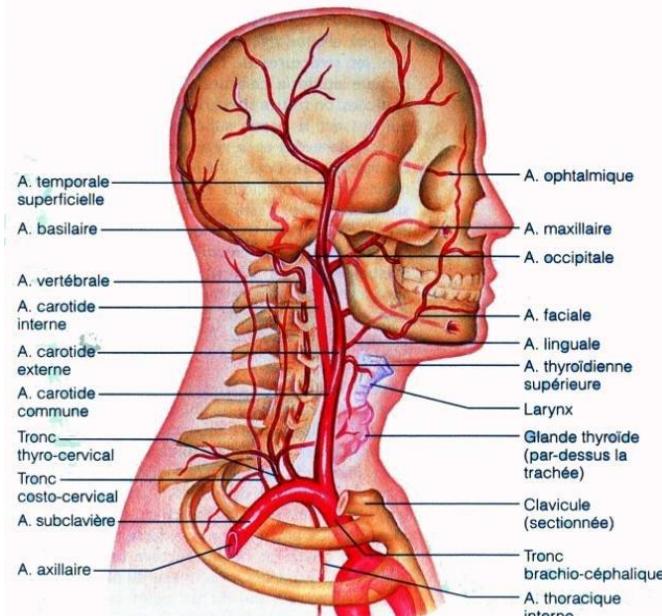


Figure 1: troncs artériels et conséquences fonctionnelles[11]

Artère carotide interne [12]: Les symptômes seront d'autant plus importants qu'il n'existe pas de compensations au niveau du polygone de Willis :

- Hémiplégie controlatérale incluant une atteinte sensitive.
- Troubles visuels ipsilatéraux (baisse de l'acuité visuelle voir amaurose), déviation du regard vers le coté de la lésion, hémianopsie latérale homonyme (perte du champ visuel du même côté pour les deux yeux et du côté opposé à la lésion)
- Troubles de la conscience.
- Un syndrome de Claude Bernard Horner partiel : ptosis (chute de la paupière supérieure), myosis (diminution du diamètre de la pupille), pseudo-enophtalmie (enfoncement du globe oculaire) et anhidrose (absence de sudation).
- Une aphasicie globale (Wernicke et Broca).

Artère ophthalmique : une occlusion de cette artère peut provoquer un rétrécissement du champ visuel depuis la périphérie jusqu'au centre de l'œil, à l'origine d'amaurose et de cécité transitoire. Dans les cas les plus graves, ce sera une cécité brutale encore appelée « rideau noir ».

Artère choroïdienne antérieure :

- Déficit moteur pur et majeur controlatéral associé à un déficit sensitif.
- Hémiataxie controlatérale.
- Quadranopsie homonyme supérieure ou inférieure : perte du quart supérieur ou inférieur du champ visuel du côté de la lésion.
- Troubles de la mémoire.
- Aphasie.
- Héminégligence.

Ces signes cliniques seront plus ou moins présents en fonction de la localisation et de l'étendue de l'occlusion de l'artère choroïdienne antérieure.

Artère cérébrale antérieure [13] :

- Déficit moteur, distal, au niveau du membre inférieur controlatéral et, proximal, au niveau du membre supérieur controlatéral.
- Parésie fasciobrachiale associée à des mouvements dystoniques.
- Troubles de la motivation, aphasie de Broca, persévération, réactions d'agrippement, réflexe palmomentonnier (contraction du muscle mentonnier lorsqu'on gratte dans la paume de la main), incontinence urinaire : ces signes sont présents lorsque les deux artères cérébrales antérieures sont touchées. Par la suite apparaîtra un syndrome de discontinuité hémisphérique, se manifestant par une apraxie idéomotrice et par des troubles de l'écriture.

Artère cérébrale moyenne [13] :

- Hémiplégie ou hémiparésie controlatérale principalement au niveau de la face et du membre supérieur.
- Hémianopsie latérale homonyme.
- Aphasie de Broca et de Wernicke, en cas d'atteinte de l'hémisphère gauche.
- Héminégligence controlatérale associée à une apraxie du membre supérieur et inférieur.

Le tableau clinique varie en fonction de la localisation de l'occlusion.

Occlusion du territoire vertébrobasilaire[2]

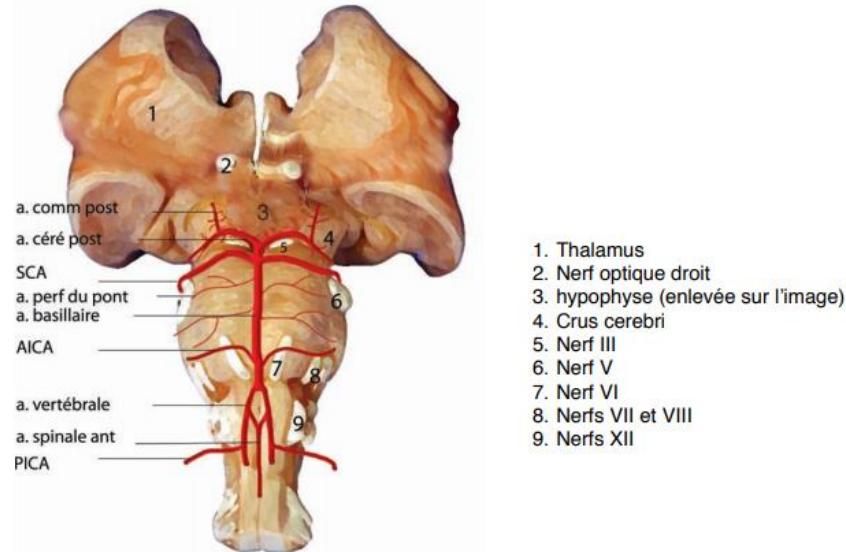


Figure 2: Troncs vertébrobasilaires[5]

SCA : artère cérébelleuse supérieure

AICA : artère cérébelleuse antéro-inférieure

PICA : artère cérébelleuse postéro-inférieure

Artère subclavière : l'occlusion de cette artère sera à l'origine d'une fatigabilité musculaire du membre supérieur homolatéral, par altération du flux sanguin. Ce signe clinique sera plus ou moins accompagné de sensations de vertiges.

Artère vertébrale[14] :

- Hémianopsie latérale homonyme.
- Dysarthrie et dysphagie.
- Déficit moteur et/ou sensitif des membres contro et homolatéraux.
- Ataxie et risque de chute.
- Troubles de la conscience

Le tableau clinique varie en fonction de la localisation de l'occlusion artérielle

Artère cérébelleuse :

- Syndrome de Wallenberg : vertiges, céphalées, ataxie, nystagmus, latéro-pulsion.
- Trouble de l'audition homolatérale, syndrome de Claude Bernard Horner (ptosis, myosis, pseudo-énophthalmie, anhidrose), ataxie des membres, nystagmus, déficit sensitif ipsilateral de la face et controlatéral du membre supérieur.
- Du côté de la lésion, on aura: un syndrome de Claude Bernard Horner, une ataxie des membres, une adiadococinésie, associés à un déficit sensitif superficiel et profond controlatéral.

La présence de ces signes varie en fonction de la localisation de l'occlusion de l'artère cérébelleuse, que ce soit dans sa partie inféro-postérieure, inféro-antérieure ou supérieure.

Dans le cas où tous les territoires de l'artère cérébelleuse sont atteints, cette occlusion sera à l'origine d'une compression du tronc cérébral et d'un risque majeur d'hydrocéphalie. Trouble de la marche et de l'équilibre, incontinence urinaire et démence sont les trois signes cliniques caractéristiques de l'hydrocéphalie.

Artère basilaire[14] : Le tableau clinique varie en fonction de la localisation de l'occlusion :

- Troubles de la vigilance pouvant aller jusqu'au coma.
- Symptômes psychiatriques (hallucinations, fabulation, psychose).
- Tétra parésie voire tétraplégie.
- Trouble oculomoteur.
- Aphasie de Broca.
- Vertige rotatoire, nausées, vomissement, nystagmus.

Artère cérébrale postérieure : le tableau clinique sera semblable à celui de l'occlusion de l'artère cérébrale moyenne.

Pour ce qui est des autres localisations, le tableau clinique sera variable :

- Hémianopsie latérale homonyme.
- Cécité.
- nystagmus.
- Héminégligence homolatérale, hémiasomatognosie, anosognosie caractéristiques syndrome d'Anton Balbinski.
- Syndrome thalamique se caractérisant par un déficit sensitif controlatéral associé à des picotements et engourdissements, pouvant évoluer vers une douleur intense chronique, sous forme de dysesthésie ou d'allodynie.
- Ataxie et tremblements.
- Aphasie.
- Main thalamique caractérisé par des mouvements choréoathétotiques.
- Hémiparésie ou hémiplégie controlatérale.

Les lacunes cérébrales sont des accidents ischémiques cérébraux très fréquents se situant au niveau des artères perforantes intracérébrales. L'hémiplégie (motrice pure, sensitive pure et/ou ataxique pure) et la dysarthrie sont les conséquences cliniques de ces lacunes, en fonction de leur localisation.

ANNEXE 2

Tableaux cliniques AVC hémorragique

Les tableaux cliniques diffèrent en fonction de la région touchée:

- **Noyaux de la base** (hémorragie putaminale)/**hématome thalamique**:
 - Hémiplégie et hémiplégie controlatérale.
 - Troubles oculomoteurs.
 - Hémianopsie homonyme controlatérale.
 - Aphasie.
 - Négligence spatiale unilatérale.
- **Hématome hémisphérique** : ces hématomes sont la conséquence d'une hémorragie des artères nourricières de la substance blanche et de la substance grise corticale, ainsi que de la substance blanche sous corticale.[17]
 - Région frontale : céphalées frontales, hémiplégie brachiale controlatérale, diminution de la motivation.
 - Région temporale : douleurs de la région temporaire (oreille), aphasie, état confusionnel, hémianopsie.
 - Région pariétale : douleurs de la région pariétale (tempe), déficit sensitif controlatéral, aphasie, hémianopsie.
 - Région occipitale : douleurs périorbitaires homolatérales et hémianopsie.
- **Hémorragie cérébelleuse** : nausées, vomissements, céphalées occipitales, vertiges et ataxie.
- **Hémorragie du tronc cérébral**: coma, tétraplégie et troubles oculomoteurs graves. Possibilité d'évolution vers un locked-in syndrome[18] caractérisé par une communication passant exclusivement par le regard et une impossibilité d'exécution de mouvements, exceptés le clignement des paupières et les mouvements réflexes d'extension des membres en réponse à un stimulus sensitif. En effet, il n'y a aucune altération de l'état de conscience et les fonctions cognitives sont parfaitement conservées.

Ces hémorragies cérébrales sont souvent compliquées d'une hydrocéphalie, d'un œdème cérébral, d'une hypertension intracrânienne (pouvant être à l'origine du syndrome d'Arnold Chiari: engagement du cervelet au travers du foramen magnum), des crises d'épilepsie, d'une hypertension artérielle sévère et d'une hémorragie intraventriculaire secondaire.

L'hémorragie intraventriculaire est caractérisée par une inondation des plexus choroïdes (formant les parois des ventricules et lieu de sécrétion du liquide céphalorachidien). Les signes cliniques sont : céphalées, nausées, vomissements, trouble de la conscience voire coma.

➤ **Hémorragie méningée** [18]: Ces hémorragies concernent, dans la majorité des cas, les artères nourricières sous-arachnoïdiennes. Céphalées brutales, nausées et vomissements sont les symptômes inauguraux de ces hémorragies et sont accompagnées de photophobie, de douleurs et raideurs nucales (pouvant irradier jusqu'en dorsal).

De nombreuses complications secondaires à ces hémorragies existent:

- Une expansion hémorragique intracérébrale (complication la plus fréquente).
- Un infarctus cérébral.
- Une hydrocéphalie.
- Une hémorragie intraventriculaire.
- Un déséquilibre entre sécrétion et réabsorption du liquide céphalorachidien.
- D'autres complications plus rares sont possibles : un œdème cérébral, une hyponatrémie, un œdème pulmonaire, des crises d'épilepsie ou encore des troubles du rythme cardiaque.

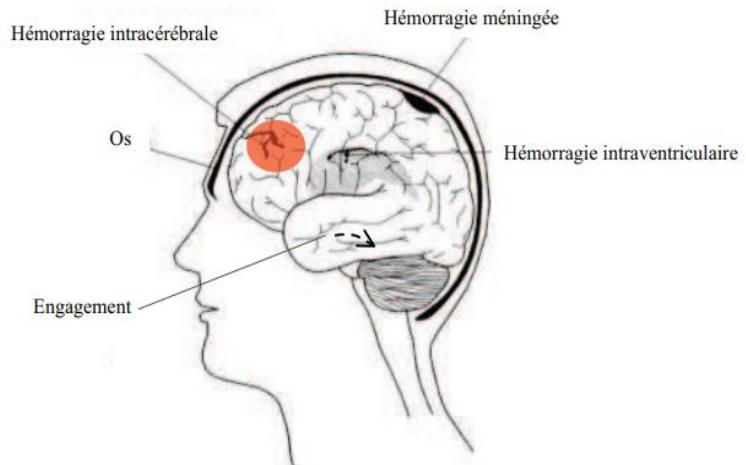


Figure 3: Complications d'une hémorragie intracérébrale[17]

ANNEXE 3

Méthodes de rééducation de la fonction motrice indiquées après AVC, selon l'HAS[22]

Méthode	Phase aiguë	Phase subaiguë	Phase chronique
Stimulation de la fonction sensitive	AE		
Rééducation manuelle individuelle	Grade C	Grade C	Grade C
Activité physique et gymnique	NA	Grade B	Grade B
Renforcement musculaire	NA		Grade C
Rééducation intensive de la marche	NA		Grade B
Approches neurophysiologiques	AE	AE	AE
Apprentissage moteur			
Goniofeedback du genou pour améliorer la marche	NA	Grade C	Grade C
Myofeedback pour améliorer la marche	NA	Grade C	Grade C
Myofeedback + stimulation électrique fonctionnelle du MS		Grade B	Grade B
Electromyostimulation			
Stimulation électrique fonctionnelle pour la marche	NA	Grade C	Grade C
Rééducation tâche orientée (répétition) pour la marche		Grade B	Grade B
Approches thérapeutiques combinées	AE	AE	AE
Rééducation de la mise en charge et de l'équilibre	NA	Grade C	Grade C
Rééducation de la marche dès que possible	NA	Grade B	Grade B
Marche sur tapis roulant sans support partiel de poids	NA		Grade B

Marche sur tapis roulant avec support partiel de poids	NA		
Orthèse de marche en cas d'insuffisance de la commande	NA	AE	AE
Aide technique de marche, avec apprentissage personnalisé	NA	Grade C	Grade C
Contrainte induite du membre supérieur (MS)	<i>Effets pouvant être délétères</i>		Grade B
Entraînement électromécanique de la marche sans MK	NA	Grade B	Grade B
Entraînement électromécanique de la marche avec MK	NA	Grade B	
Entraînement du MS par robot + traitement conventionnel		Grade B	Grade B
Mouvements bilatéraux simultanés des MS			
Imagerie mentale motrice associée à d'autres traitements			Grade B
Réalité virtuelle			

Tableau I : Recommandations des méthodes rééducatives post-AVC selon l'HAS

AE : avis d'experts.

NA : non applicable.

MK : masso-kinésithérapie.

MS : membre supérieur.

ANNEXE 3 bis

Selon HAS[51] :

Grade des recommandations	Niveau de preuve scientifique fourni par la littérature
A <u>Preuve scientifique établie</u>	Niveau 1 <ul style="list-style-type: none"> - Essais comparatifs randomisés de forte puissance ; - Méta-analyse d'essais comparatifs randomisés ; - Analyse de décision fondée sur des études bien menées.
B <u>Présomption scientifique</u>	Niveau 2 <ul style="list-style-type: none"> - Essais comparatifs randomisés de faible puissance ; - Etudes comparatives non randomisées bien menées ; - Etudes de cohortes.
C <u>Faible niveau de preuve scientifique</u>	Niveau 3 <ul style="list-style-type: none"> - Etudes cas-témoins Niveau 4 <ul style="list-style-type: none"> - Etudes comparatives comportant des biais importants ; - Etudes rétrospectives ; - Série de cas ; - Etudes épidémiologiques descriptives (transversale, longitudinale).

Tableau II : Grades des recommandations selon HAS

ANNEXE 4

Echelle « Fugl-Meyer-Upper-Extremity »

Cette échelle comprend trente-trois items chacun noté sur 2 points :

- 0 = ne peut accomplir.
- 1 = accompli partiellement.
- 2 = accompli complètement.

L'évaluation prend environ trente minutes à réaliser.

Elle est décomposée en sept parties avec des sous parties [52] :

1. Membre supérieur, en position assise
 - a. Activité réflexe.
 - b. Mouvement volontaire en synergie, sans aide de la pesanteur.
 - c. Mouvement volontaire en synergie, sans compensations.
 - d. Activité reflexe en comparaison avec le côté sain, seulement si un total de 6 points a été obtenu à la partie précédente.
2. Poignet : le coude peut au départ être positionné ou maintenu, pas le poignet. Penser à vérifier l'amplitude passive avant les tests.
3. Main : un soutien du coude à 90 degrés peut être fourni pour le maintenir, mais aucun au niveau du poignet. Evaluation de la saisie active des objets, de la flexion active (fermeture de la main) et de l'extension active (ouverture de la main) complètes, ainsi que du grasping (position intrinsèque moins, adduction du pouce, opposition,...). Comparaison avec la main non affectée.
4. Coordination/vitesse : assis et les yeux fermés. Alternativement avec les deux bras, toucher le genou homolatéral puis le nez, avec le bout de l'index. Répéter cinq fois, le plus vite possible.
5. Sensibilité superficielle et profonde, yeux fermés, comparée au côté sain
6. Mobilisation articulaire passive en position assise de l'épaule, du coude, de l'avant-bras, du poignet et des doigts, en comparaison avec le côté sain
7. Douleur articulaire pendant la mobilisation de l'épaule, du coude, de l'avant-bras, du poignet et des doigts

Les quatre premières parties évaluant les capacités de fonction motrice comptabilisent 66 points. Les trois dernières (sensibilité, amplitude articulaire passive et douleur articulaire) comptabilisent 60 points. FMA-UE donne ainsi un total sur 126 points.

ANNEXE 4 bis

Box & Block Test

Le sujet est assis sur une chaise standard face à une table et positionne ses mains de part et d'autre de la boîte. Avant de débuter le test, l'évaluateur explique les règles au patient : le but étant de faire passer un maximum de cubes en bois un après l'autre, par-dessus la cloison, en une minute.

Le test comprend trois étapes :

- Un essai de 15 secondes de chaque côté avant le début du test.
- Une minute de test avec la main « valide ».
- Une minute de test avec la main « non valide ».

Pour comptabiliser les points, le cube devra être posé, après avoir été transporté, dans le compartiment voisin : un cube posé vaut un point. Tout cube lancé sera pénalisé. Les cubes tombés en dehors du compartiment sont comptés uniquement s'ils sont du côté du compartiment ciblé. Si deux cubes ou plus sont transportés en même temps, une soustraction devra être faite au total.

Selon une étude[53], pour un sujet en bonne santé sans atteinte du membre supérieur les performances moyennes sont :

- Chez des hommes âgés de 20 à plus de 75 ans : 63 à 88 cubes par minute pour le membre supérieur droit et 61 à 86 cubes pour le membre supérieur gauche.
- Chez les femmes âgées de 20 à plus de 75 ans : 65 à 88 cubes par minute pour le membre supérieur droit et 63 à 83 cubes pour le membre supérieur gauche.

Ces données sont inversement proportionnelles à l'âge : plus un sujet avance en âge, plus ses performances moyennes au BBT diminuent.

ANNEXE 5

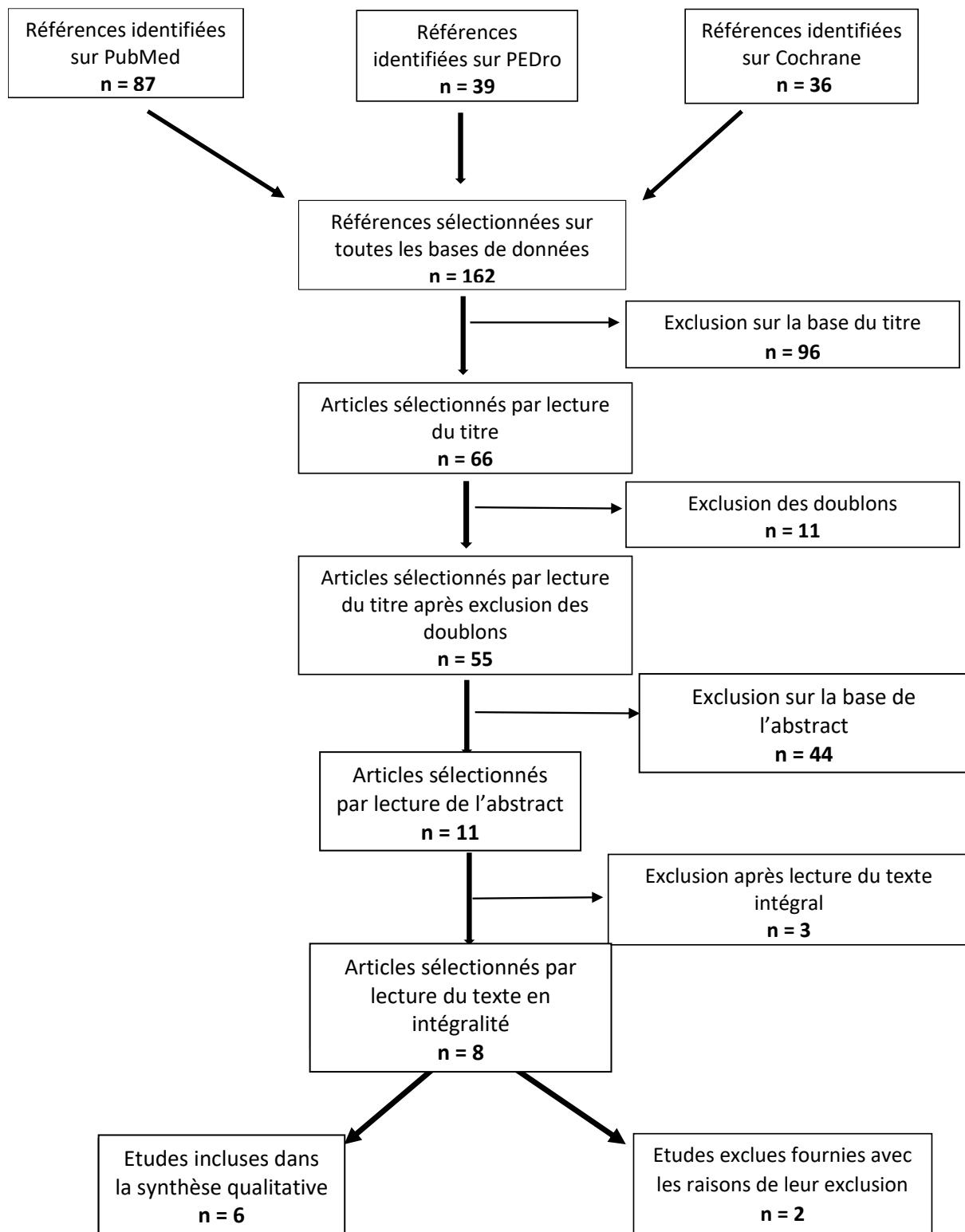
Echelle PEDro

Échelle PEDro – Français

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

ANNEXE 6

Diagramme de Flux



ANNEXE 7

Raisons d'exclusion des deux études

Etude AUTEUR ANNEE	Raison de l'exclusion
CROSBIE 2012	Les résultats de l'étude ne sont pas communiqués
KAIRY 2016	Les résultats de l'étude ne sont pas communiqués

ANNEXE 8

Lexique

VR (*Virtual Reality*) : réalité virtuelle.

AVK : Actuated Virtual Keypad.

FMA-UE/FMH (*Fugl-Meyer Upper Extremity Motor Assessment/Hand Subcomponent*) : sous-partie « membre supérieur » de l'échelle « *Fugl-Meyer* »/sous partie « main ».

MMT (*Manual Muscle Test*) : test d'évaluation de la force musculaire.

MAS (*Modified Ashworth Scale*) : échelle d'Ashworth modifiée évaluant la spasticité.

MAL-AS (*Motor Activity Log Amount Scale*) : mesure subjective évaluant la performance fonctionnelle du membre supérieur.

CAHAI (*Chedoke McMaster Arm and Hand Activity Inventor*) : échelle d'évaluation fonctionnelle après récupération motrice du membre supérieur suite à un AVC.

ARAT (*Action Research Arm Test*) : Test d'évaluation de la motricité du membre supérieur.

HGT (*Hand Grip Test*) : test du grasping de la main.

BBT (*Box and Block Test*) : Test Box & Block évaluant la dextérité manuelle.

9-HPT (*9-Hole Peg Test*) : Test 9-Hole Peg évaluant la dextérité manuelle.

JTHFT (*Jebsen-Taylor Hand Function Test*) : Test de la fonction manuelle de Jebsen-Taylor

JAMAR (*Hand Dynamometer*) : force de préhension (Grip Strength GS) évaluée par JAMAR (dynamomètre).

B&L Engineering/PG-60 : outil d'évaluation avec jauge de mesure évaluant la force de la pince latérale (*Lateral Pinch Strength LPS*) et la force à trois doigts (*3-Point Pinch Strength PPS*).

SIS (*Stroke Impact Scale*) : Echelle d'évaluation de la qualité de vie dans les activités de la vie quotidienne suite à l'AVC.

SF-36 : questionnaire d'évaluation de la qualité de vie.

IMTEQ (*Intrinsic Motivation Task Evaluation Questionnaire*) : questionnaire d'évaluation de la motivation.

K-MMSE (*Korean-Mini Mental State Examination*) : test d'évaluation cognitive/mentale.

K-MoCA (*Korean-Montreal Cognitive Assessment*) : Évaluation cognitive coréenne-Montréal.

ANNEXE 9

YOUNG BIN 2019[45] : Modèle PICO détaillé

Participants	<i>Taille de l'échantillon</i>	31 patients analysés (21 hommes et 10 femmes)
	<i>Groupes</i>	Expérimental A n = 17 (11 hommes et 6 femmes) Control B n = 14 (9 hommes et 5 femmes)
	<i>Moyenne d'âge</i>	A : 57.4+/-12.2 ans B : 52.6+/-10.7 ans
	<i>Durée post-AVC</i>	Au moins 6 mois
	<i>Déficit du MS préalablement évalué par FMA-UE</i>	Léger à modéré
	<i>Description</i>	Joystima : composé d'un moniteur, d'un ordinateur et de divers outils à 3 degrés de liberté tels que : une poignée de porte, un bouton, un tube à air, un volant... Le logiciel se compose de 9 modules, de 9 outils de base, de 9 jeux et de 2 missions utilisant un système de RV. Un système d'enregistrement des résultats du patient lui permet de suivre ses progrès et d'adapter le programme en fonction. Supervisé par un thérapeute.
	<i>Durée et fréquence</i>	30 minutes par jour, 3 jours par semaine pendant 6 semaines.

Comparateur	<i>Description</i>	Thérapie conventionnelle : exercices fonctionnels actifs ou actifs-aidés en lien avec des taches de la vie quotidienne (travail de table, perception sensorimotrice). Adaptation aux progrès du patient en cours de traitement. Supervisé par le même thérapeute.
	<i>Durée et fréquence</i>	30 minutes par jour, 3 jours par semaine pendant 6 semaines.
Evaluation	<i>Périodes d'évaluation</i>	Avant la formation (préformation). Après les 6 semaines de formation (post-formation). 4 semaines après la fin de la formation (suivi). Réalisées par un examinateur en aveugle.
Type d'étude	Essai clinique randomisé en simple aveugle.	

MS : membre supérieur

RV : réalité virtuelle

ANNEXE 10

PIRON 2009 [46] : Modèle PICO détaillé

Participants	<i>Taille de l'échantillon</i>	36 participants analysés (21 hommes et 15 femmes)
	<i>Groupes</i>	Expérimental A n = 18 : 11 hommes et 7 femmes (10 MSD et 8 MSG) Contrôle B n = 18 : 10 hommes et 8 femmes (10 MSD et 8 MSG)
	<i>Moyenne d'âge</i>	A : 66 +/- 7.9 ans B : 64.4 ans +/- 7.9 ans
	<i>Durée post-AVC</i>	7 à 32 mois (moyenne 13.3 mois) A : 14.7+/-6.6 mois B : 11.9+/-3.7 mois
	<i>Déficit du MS préalablement évalué par FMA-UE</i>	Léger à modéré
Intervention	<i>Description</i>	Système de téléréhabilitation (VRRS.net®) : 5 tâches motrices à réaliser dans un environnement virtuel. Le patient, en déplaçant le récepteur (correspondant à une sphère rouge virtuelle) avec le bras affecté, doit atteindre le centre d'un beignet virtuel jaune à partir d'une position de départ (cube filaire jaune), selon la trajectoire affichée.
		Supervisée par un thérapeute.
	<i>Durée et fréquence</i>	1 heure par jour, 5 jours par semaine pendant 1 mois

Comparateur	<i>Description</i>	<p>Thérapie conventionnelle du MS :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Mouvement simple sans contrôle postural 2. Mouvement simple avec contrôle postural 3. Mouvement complexe avec contrôle postural <p>Exemple : toucher des cibles sur un plan horizontal devant le patient, manipuler des objets, suivre des trajectoires affichées, reconnaître différentes positions du MS.</p> <p>Supervisée par le même thérapeute.</p>
	<i>Durée et fréquence</i>	1 heure par jour, 5 jours par semaine pendant 1 mois
Evaluation	<i>Périodes d'évaluation</i>	<p>Un mois avant le début de l'intervention (T0).</p> <p>Au début de l'intervention (T30).</p> <p>A la fin de l'intervention (T60).</p> <p>Un mois après la fin de l'intervention (T90).</p> <p>Réalisées par un examinateur en aveugle.</p>
Type d'étude	Essai clinique randomisé en simple aveugle	

MS : membre supérieur

Le système de téléréadaptation (VRRS.net®) a été développé au Massachusetts Institute of Technology (Cambridge, MA, États-Unis). Il est composé de:

- 2 postes de travail : un au domicile du patient et l'autre au centre de réadaptation de l'hôpital, où est menée l'étude.
- Un système de vidéoconférence pour observer les mouvements du patient à distance.
- Un système de suivi de mouvement 3D (Polhemus 3Space Fastrack, Vermont, USA) pour enregistrer les mouvements du membre supérieur, via un récepteur magnétique attaché à un objet réel. Le système transforme le récepteur en une image virtuelle (objet virtuel), qui change de position sur l'écran en fonction du mouvement du récepteur.

Le patient doit réaliser cinq tâches virtuelles par de simples mouvements du membre supérieur : il doit déplacer l'objet réel en suivant la trajectoire de l'objet virtuel correspondant, affiché sur l'écran de l'ordinateur, conformément à la tâche virtuelle demandée.

Le sujet peut voir son mouvement et sa trajectoire, et la comparer à celle correctement préenregistrée dans la scène virtuelle. En parallèle, le thérapeute fournit au patient des informations sur l'exactitude des tâches grâce au système de visioconférence.

Avant d'entrer dans l'étude, les patients ont été formés dans l'utilisation du système de rééducation informatisée pour exécuter correctement les tâches motrices demandées.

ANNEXE 11

DA SILVA 2015 [47] : Modèle PICO détaillé

Participants	<i>Taille de l'échantillon</i>	30 participants analysés (11 hommes et 19 femmes)
	<i>Groupes</i>	Expérimental A n = 15 : 6 hommes et 9 femmes (8 MSD et 7 MSG) Contrôle B n = 15 : 5 hommes et 10 femmes (9 MSD et 6 MSG)
	<i>Moyenne d'âge</i>	A : 53.7 +/- 6.1 ans B : 52.8 +/- 8.6 ans
	<i>Durée post-AVC</i>	Au moins 6 mois A : 42.1+/-26.9 mois B : 60.4+/-44.1 mois
	<i>Déficit du MS préalablement évalué par FMA-UE</i>	Léger à modéré
Intervention	<i>Description</i>	Rééducation virtuelle par NW : 2 séances par semaine Séance 1 : tennis + hula hoop Séance 2 : football + boxe Supervisée par un thérapeute.
	<i>Durée et fréquence</i>	60 minutes, 2 fois par semaine pendant 2 mois

Comparateur	<i>Description</i>	Thérapie conventionnelle : 2 séances de rééducation par semaine avec un programme pour chacune. Supervisée par le même thérapeute.
	<i>Durée et fréquence</i>	60 minutes, 2 fois par semaine pendant 2 mois
Evaluation	<i>Périodes d'évaluation</i>	Avant l'intervention. Après l'intervention. Réalisées par un examinateur en aveugle.
Type d'étude	Essai clinique randomisé en simple aveugle.	

MS : membre supérieur

NW : Nintendo Wii

MI : membre inférieur

Rééducation par Nintendo Wii (NW)

Dans une salle de 20 mètres carré, l'image est projetée par un projecteur multimédia à 1,2 mètre du sol.

Protocole des 2 séances:

1. Etirements membre inférieur, membre supérieur et tronc (10 minutes).
2. 50 minutes de jeux NW avec 1 minute de repos entre chaque jeu. Le niveau de difficulté des jeux augmente en fonction des progrès du patient.

Thérapie conventionnelle

Séance 1 :

- Etirements des 2 MI, des 2 MS et du tronc (10 minutes).
- Mobilisation passive, active-aidée et active du tronc (10 minutes).
- Sollicitations des réactions d'équilibration (10 minutes).
- Mobilisation scapulaire passive ou active (5 à 15 minutes).
- Exercices de préhension (10 minutes).

Séance 2 :

- Etirements et mobilisations du tronc.
- Mobilisation active ou active-aidée des membres inférieurs (15 minutes).
- Equilibre debout statique (10 minutes).
- Marche latérale, pointe de pieds, proprioception sur planche d'équilibre (15 minutes).
- Rééducation à la marche avec obstacles (10 minutes).

ANNEXE 12

THIELBAR 2014 [48] : Modèle PICO détaillé

Participants	<i>Taille de l'échantillon</i>	14 participants randomisés (9 hommes et 5 femmes) dont 12 analysés
	<i>Groupes</i>	Expérimental A n = 7 : 4 hommes et 3 femmes (4 MSD et 3 MSG) Contrôle B n = 7 : 5 hommes et 2 femmes (2 MSD et 5 MSG)
	<i>Moyenne d'âge</i>	A : 54 +/- 7 ans B : 59 +/- 6 ans
	<i>Durée post-AVC</i>	Au moins 6 mois A : 46.6 +/- 32.5 mois B : 47.7+/- 47.4 mois
	<i>Déficit du MS préalablement évalué par FMA-UE</i>	Léger à modéré
Intervention	<i>Description</i>	Rééducation par système AVK utilisant deux modes d'exercices musicaux. Supervisée par un thérapeute.
	<i>Durée et fréquence</i>	1 heure, 3 fois par semaine pendant 6 semaines.

Comparateur	<i>Description</i>	Thérapie conventionnelle centrée sur le contrôle de la motricité fine, de la dextérité, de la manipulation d'objets (de différentes tailles et masses) et d'individualisation des doigts : boutonnage, dactylographie, réalisation de noeuds, écriture, utilisation d'outils.
	<i>Durée et fréquence</i>	1 heure, 3 fois par semaine pendant 6 semaines.
Evaluation	<i>Périodes d'évaluation</i>	Avant le début de l'intervention. Après l'intervention. Un mois après la fin de l'intervention (suivi). Réalisées par un examinateur en aveugle.
Type d'étude	Essai clinique randomisé en simple aveugle	

MS : Membre supérieur

Le système AVK combine un gant sur mesure actif, le PneuGlove, et une scène virtuelle composée d'une main (droite ou gauche) et de 5 touches. Une pression d'air à l'intérieur du gant est utilisée pour étendre (ou empêcher la flexion) d'un doigt en particulier, en gonflant une chambre à air située sur le côté palmaire du doigt (assistance au mouvement).

Les angles des articulations métacarpo-phalangiennes (MCP) et inter-phalangiennes proximales (PIP) de chaque doigt, ainsi que l'articulation MCP et inter-phalangienne (IP) du pouce sont mesurés avec des capteurs de courbure situés sur le côté dorsal du gant.

La posture de la main est mise à jour en temps réel en fonction des angles articulaires mesurés. Si le doigt est suffisamment fléchie, la touche ciblée s'affaisse et change de couleur pour indiquer qu'elle a été enfoncee : un son unique est émis pour chaque touche enfoncee. Tout au long de la séance, un « Interface Utilisateur Graphique » (GUI) permet au thérapeute de modifier un certain nombre de paramètres en fonction des capacités du patient.

Par exemple :

- Déterminer l'angle de flexion nécessaire des 3 articulations pour presser la touche.
- Ajuster le niveau d'assistance fourni par le gant (en empêchant le mouvement involontaire des doigts et en stimulant le doigt à bouger).

- Modifier la vitesse et la pression avec lesquelles les touches doivent être enfoncées et relâchées.
- Sélectionner des combinaisons de touches à cibler.
- Analyser la synchronisation entre le moment où la touche à jouer est indiquée et la pression du doigt sur la touche.

Le système AVK comprend deux modes :

- Mode « *combinaison de touches* » dont le but est de presser et de relâcher une ou plusieurs touches virtuelles en fonction des combinaisons préétablies. Le thérapeute et le guidage visuel (les touches à jouer sont vertes, un « mauvais » doigt en mouvement est entouré d'un cercle rouge) aident le patient. Un algorithme enregistre les performances du patient permettant d'adapter la difficulté des combinaisons à ses capacités.
- Mode « *Song* » dont le but est de jouer une chanson dont les notes et donc les touches à presser sont préétablies par le système. Des indicateurs, situés au-dessus de chaque touche, informe sur les touches à jouer sur l'instant et pré informe sur celles à jouer par la suite. La qualité de la synchronisation entre le moment où l'indicateur tombe sur la touche et celui où le patient la presse est explicitée en affichant "Parfait", "Bon" ou "Mauvais" sur l'écran : 2 points sont attribués pour « parfait » et un point pour "bon", à condition que la touche jouée est celle demandée.

Le score est réinitialisé à la fin de chaque chanson et les participants sont encouragés à essayer d'augmenter leur score à chaque fois qu'ils jouent une chanson.

ANNEXE 13

ENG 2018[49] : Modèle PICO détaillé

Participants	<i>Taille de l'échantillon</i>	54 participants analysés (39 hommes et 15 femmes)
	<i>Groupes</i>	Expérimental A n = 22 : 16 hommes et 6 femmes (14 MSD et 8 MSG) Contrôle B : n = 32 : 23 hommes et 9 femmes (16 MSD et 16 MSG)
	<i>Moyenne d'âge</i>	A : 61.3 +/- 13.4 ans B : 61.2 +/- 11.2 ans
	<i>Durée post-AVC</i>	Au moins 6 mois A : 2.4 +/- 2.4 ans B : 3.6 +/- 3.7 ans
	<i>Déficit du MS préalablement évalué par FMA-UE</i>	Léger à modéré et modéré à sévère
Intervention	<i>Description</i>	Système d'entraînement par réalité virtuelle (YouGrabber) utilisant 3 modes d'entraînement du MS. Supervisée par un thérapeute.
	<i>Durée et fréquence</i>	16 séances sur 4 semaines (4 séances par semaine) 45 minutes chacune en moyenne (entre 25 et 60 minutes) incluant l'accueil, l'organisation du prochain rendez-vous, un bref examen clinique, les changements depuis le dernier rendez-vous, et l'intervention.

Comparateur	<p><i>Description</i></p>	<p>Thérapie conventionnelle centrée sur 3 types d'interventions rééducatives :</p> <ul style="list-style-type: none"> 1- Les interventions neuromusculaires (END) 2- Les interventions structurelles corporelles (BSI) 3- Les interventions perceptuelles et sensorielles (PSI) <p>Supervisée par un thérapeute.</p>
	<p><i>Durée et fréquence</i></p>	<p>16 séances sur 4 semaines (4 séances par semaine) 45 minutes chacune en moyenne (entre 25 et 60 minutes) incluant l'accueil, l'organisation du prochain rendez-vous, un bref examen clinique, les changements depuis le dernier rendez-vous, et l'intervention.</p>
Evaluation	<p><i>Périodes d'évaluation</i></p>	<p>Deux durant les deux semaines précédant le début de l'intervention (BL et T0).</p> <p>Une après huit séances (T1)</p> <p>Une après 16 séances d'intervention (T2).</p> <p>Une 2 mois après la fin des 16 séances (évaluation de suivi : FU).</p> <p>Réalisées par un examinateur en aveugle.</p>
Type d'étude	Essai clinique randomisé en simple aveugle, multi centre	

MS : Membre supérieur

YouGrabber

Patient assis ou debout devant le système de réalité virtuelle. Port de gants avec des capteurs pour mesurer les mouvements des doigts longs, du pouce, du poignet (flexion/extension) et de l'avant-bras (pronation/supination). Les mouvements sont affichés sur l'écran en temps réel.

Le système comprend une variété d'applications et de mode d'utilisation pour réaliser différents mouvements et à différents niveaux de difficulté. Le thérapeute peut sélectionner l'un des trois modes proposés :

- 1- Le patient réalise lui-même les mouvements du bras et/ou de la main sans indicateur.
- 2- Mise en miroir des mouvements du bras et/ou de la main du patient.
- 3- Le patient suit les mouvements d'un bras et/ou d'une main affichés sur l'écran.

La distribution et la vitesse d'apparition des objets sont ajustées en fonction du mode et des capacités du patient, tout comme la vitesse et l'amplitude du mouvement à réaliser.

Thérapie conventionnelle

Aucune restriction n'a été imposée sur le matériel utilisé mais tout système électrique ou mécanique tels que les attelles, les suspensions ou les systèmes robotisés ont été interdits. Entraînement du membre supérieur basé sur les tâches motrices dans les activités de la vie quotidienne, en position assise ou debout.

Trois principes de rééducations ont été pris en compte pendant le traitement:

- 1- Les interventions neuromusculaires (END) - environ 75% de la thérapie - incluant un travail neuro-développemental / d'apprentissage moteur axé sur le contrôle postural (5%), un travail sur la motricité fine et globale (65%) et sur la coordination (30%).
- 2- Les interventions structurelles corporelles (BSI) - environ 20% de la thérapie - incluant étirement musculaire (5%), mobilisation passive et active-aidée (45%), et renforcement musculaire actif-aidé, actif +/- résistance (50%).
- 3- Les interventions perceptuelles et sensorielles (PSI) - environ 5% de la thérapie - incluant des exercices de proprioception (25%) et de perception sensorielle superficielle et profonde (75%).

NB : Si les patients ont reçu tout type de thérapie avant la participation à l'essai, celle-ci a été réduite ou suspendue pour le cours de l'étude, si le patient était d'accord. Si elle devait être poursuivie ou ne pouvait pas être réduite, elle a été ciblée sur les membres inférieurs uniquement.

ANNEXE 14

ZONDERVAN 2016[50] : Modèle PICO détaillé

Participants	<i>Taille de l'échantillon</i>	17 participants analysés (10 hommes et 7 femmes)
	<i>Groupes</i>	Expérimental A n = 9 : 5 hommes et 4 femmes Contrôle B : n = 8 : 5 hommes et 3 femmes
	<i>Moyenne d'âge</i>	A : 60 ans (intervalle de 45 à 74) B : 59 ans (intervalle de 35 à 74)
	<i>Durée post-AVC</i>	Au moins 6 mois A : 5.33 +/- 4.14 ans B : 3.17 +/- 1.66 ans
	<i>Déficit du MS préalablement évalué par FMA-UE</i>	Léger à modéré et modéré à sévère
Intervention	<i>Description</i>	Rééducation par « MusicGlove Hand Réhabilitation» centrée sur 3 types de prises rythmées par des notes de chansons populaires. 15 minutes de préparation et d'explication préalables. Supervisée par un thérapeute.
	<i>Durée et fréquence</i>	Au moins 3 h / par semaine, au moins trois séances par semaine, pendant trois semaines consécutives, pour un total de 9 heures de thérapie.

MS : Membre supérieur

Comparateur	<p><i>Description</i></p>	<p>Thérapie conventionnelle : livret d'exercices rééducatifs[54] de la main, développé par des thérapeutes professionnels expérimentés et mis en œuvre dans un essai clinique antérieur [55].</p> <p>Supervisée par un thérapeute.</p>
	<i>Durée et fréquence</i>	Au moins 3 h / semaine, au moins trois séances par semaine, pendant trois semaines consécutives, pour un total de 9 heures de thérapie.
Evaluation	<p><i>Périodes d'évaluation</i></p> <p><i>Cross-over</i></p> <p>3 semaines après le cross over.</p> <p>1 mois après la fin de la deuxième période de 3 semaines d'intervention (évaluation de suivi).</p> <p>Réalisées par un examinateur en aveugle.</p>	<p>Deux évaluations pré-intervention espacées d'une semaine d'intervalle.</p> <p>Après les 3 semaines d'intervention (évaluations post-thérapie).</p> <p>1 mois après la fin de l'intervention (évaluation de suivi)</p>
Type d'étude	Essai clinique randomisé en simple aveugle	

MusicGlove

Composé d'un gant instrumenté avec des capteurs sur chacun des bouts des doigts et sur la face latérale de l'index.

But : pratiquer des mouvements de préhension fonctionnelle en touchant l'un des quatre capteurs des doigts longs avec le pouce, en même temps qu'apparaissent sur l'écran des notes de musique colorées, en rythme avec des chansons populaires.

L'utilisateur doit réaliser trois types de mouvement de préhension, de manière synchrone, avec l'apparition de note de musique :

- « *Key grip* » : prise entre le pouce et la face latérale de l'index.
- *Prise en pince* : entre le pouce et le bout de l'index.
- *Opposition doigt-pouce* avec le troisième, quatrième et cinquième doigt.

Pendant le jeu, l'utilisateur doit relâcher la prise lorsque la note colorée traverse la bande étoilée affichée en bas de l'écran. Si l'utilisateur réussit, la note colorée disparaît, fournissant un retour visuel. Si l'utilisateur échoue, un bip est émis, fournissant une rétroaction auditive.

NB :

Le système Music-Glove enregistre le nombre de prises réalisées.

Les participants ont été contactés par un thérapeute de recherche ou une infirmière au moins une fois par semaine pour s'assurer que la thérapie prescrite n'avait pas d'effets néfastes sur la santé.

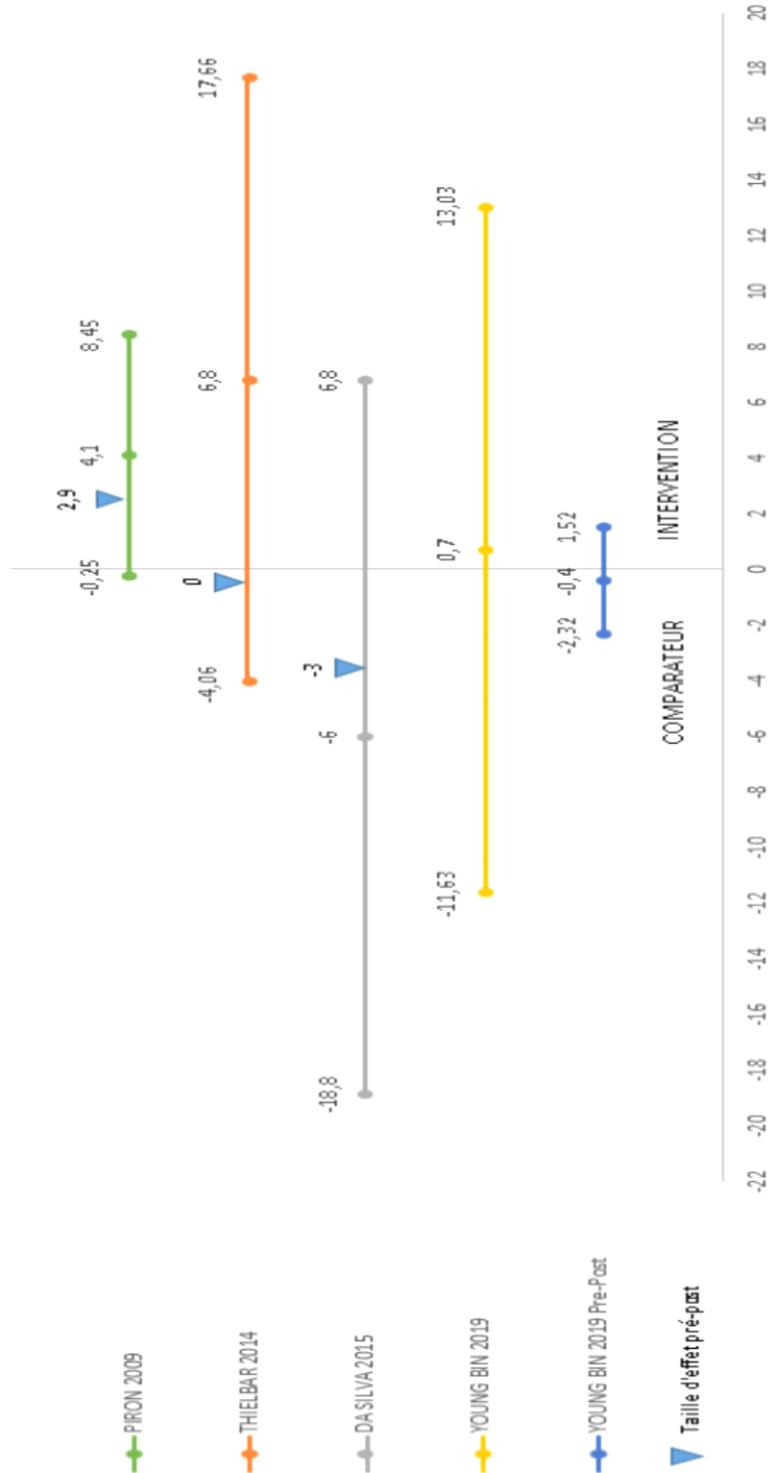
Evaluation : Après les 3 semaines d'intervention, les participants ont été évalués (évaluation post-thérapie). Suite à cette évaluation, les participants du groupe MusicGlove ont été invités à continuer l'intervention alors que ceux du groupe thérapie conventionnelle ont été invités à l'arrêter. Les participants sont ensuite revenus 1 mois plus tard pour des évaluations de suivi avec le test *Box & Block*.

Cross over : après l'évaluation de suivi, les participants du groupe de thérapie conventionnelle ont utilisé le système MusicGlove suivant le même schéma thérapeutique (3 h / semaine pendant 3 semaines) que le groupe expérimental. Un mois après la fin des 3 semaines d'intervention, ils ont été de nouveau évalués. Ils ont ensuite continué à utiliser le système MusicGlove pendant un mois et ont réalisés des évaluations de suivi.

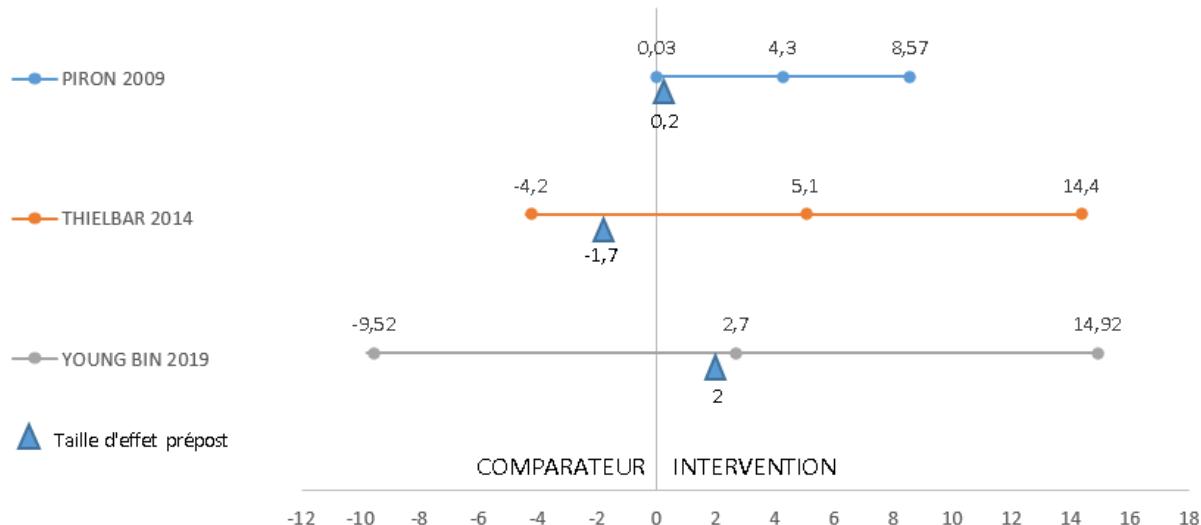
Les évaluations menées après le cross over ont été réalisées en utilisant l'échelle « *Motor Activity Lag* », les tests *Nine-Hole-Peg* (9-HPT) et *Action Research Arm* (ARAT) ; et non pas le test *Box & Block*.

ANNEXE 15

Forest plot des études utilisant FMA-UE



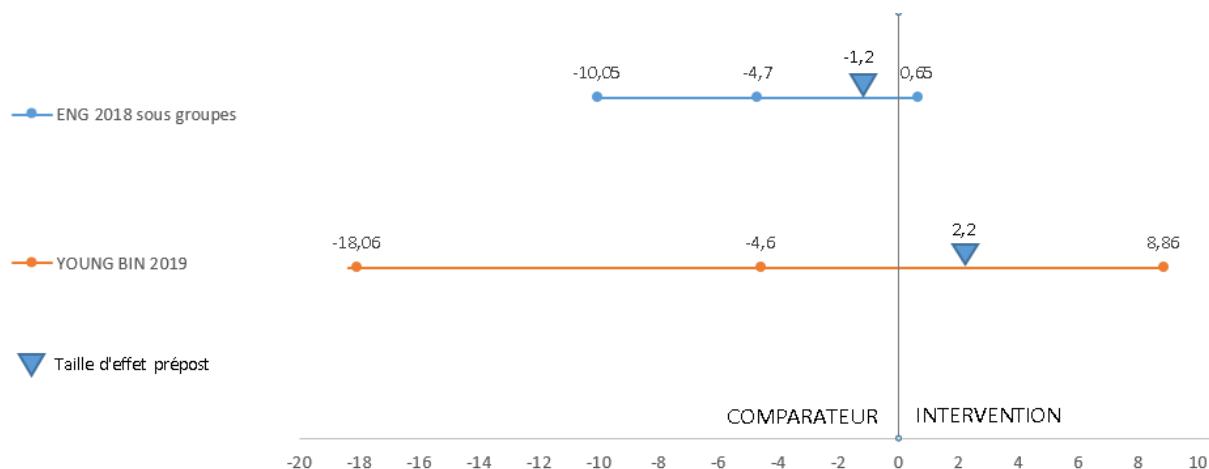
Graphique 1 : Forest plot en évaluation post-formation



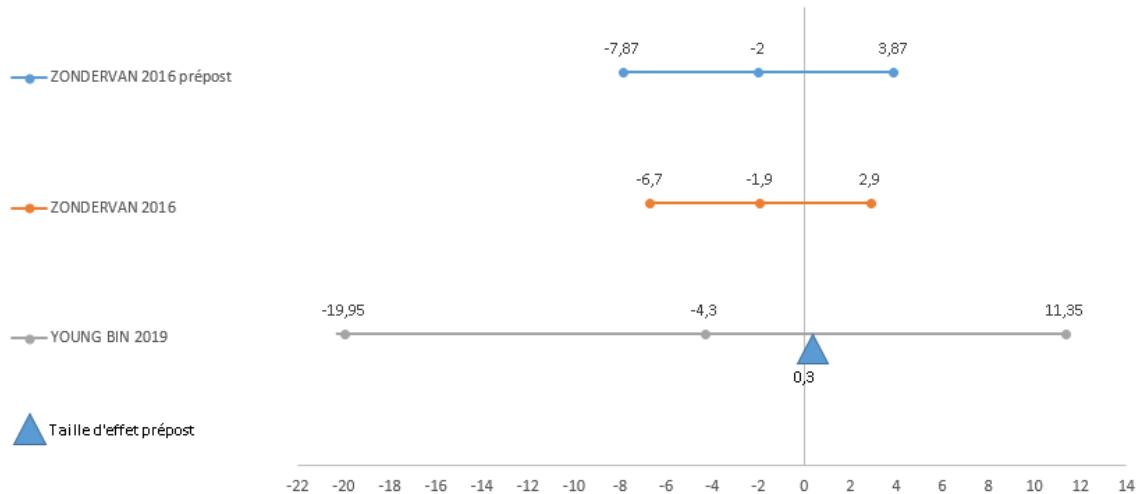
Graphique 2 : Forest plot en évaluation de suivi

ANNEXE 16

Forest plot des études utilisant B&B test



Graphique 1 : Forest plot en évaluation post-formation



Graphique 2 : Forest plot en évaluation de suivi

ANNEXE 17

Mise en relation des études par paramètres similaires

Mise en relation des études utilisant FMA-UE

Rappel sur les périodes d'évaluation des quatre études, excepté celles effectuées en pré-intervention:

- DASILVA 2015[47] : post-formation (après 2 mois d'intervention)
- PIRON 2009[46] : au début de l'intervention T30, T60 (après un mois d'intervention) et T90 (un mois après la fin)
- THIELBAR 2014[48]: post-formation (après 6 semaines d'intervention) et suivi (un mois après la fin)
- YOUNG BIN 2019[45]: post-formation (après 6 semaines d'intervention) et suivi (4 semaines après la fin)

Par simplification, on estime que les périodes d'évaluation de YOUNG BIN 2019[45] et THIELBAR 2014[48] sont similaires et on ne s'intéressera qu'au résultat total de l'étude de YOUNG BIN 2019[45].

Population

→ Les quatre études font appel à des sujets ayant tous un déficit moteur léger à modéré.

ETUDE	DA SILVA 2015[47]	YOUNG BIN 2019[45]		PIRON 2009[46]			THIELBAR 2014[48]	
Période d'évaluation	Post- formation	Post- formati- on	Suivi	T30	T60	T90	Post- formation	Suivi
Taille d'effet IC 95%	-6 [-18.80 ; 6.80] (motricité) -1.1 [-2.36 ; 0.16] (coordination)	0.7 [-11.63 ; 13.03]	2.7 [-9.52 ; 14.92]	1.2 [-3.14 ; 5.54]	4.1 [-0.25 ; 8.45]	4.3 [0.03; 8.57]	6.8 [-4.06 ; 17.66]	5.1 [-4.20 ; 14.40]

Tableau I : Taille d'effet par différence post traitement de chaque groupe et intervalle de confiance

ETUDE	DA SILVA 2015	YOUNG BIN 2019		PIRON 2009			THIELBAR 2014	
Période d'évaluation	Post-formation	Post- formation	Suivi	T30	T60	T90	Post- formation	Suivi
Taille d'effet	-3 (motricité) -0.7 (coordination)	-0.4	2	0.2	2.9	0.2	0	-1.7

Tableau I bis : Taille d'effet par différence des changements pré-post-traitement

→ La taille de l'échantillon est supérieure ou égale à 30 pour DA SILVA 2015[47] (n = 30), YOUNG BIN 2019[45] (n = 31) et PIRON 2009[46] (n = 36). THIELBAR 2014[48] comprend 14 sujets.

ETUDE	DA SILVA 2015	YOUNG BIN 2019		PIRON 2009		
Période d'évaluation	Post-formation	Post- formation	Suivi	T30	T60	T90
Taille d'effet IC 95%	-6 [-18.80 ; 6.80] (motricité) -1.1 [-2.36 ; 0.16] (coordination)	0.7 [-11.63 ; 13.03]	2.7 [-9.52 ; 14.92]	1.2 [-3.14 ; 5.54]	4.1 [-0.25 ; 8.45]	4.3 [0.03; 8.57]

Tableau II: Taille d'effet par différence post traitement de chaque groupe et intervalle de confiance

ETUDE	DA SILVA 2015	YOUNG BIN 2019		PIRON 2009		
Période d'évaluation	Post-formation	Post-formation	Suivi	T30	T60	T90
Taille d'effet	-3 (motricité) -0.7 (coordination)	-0.4	2	0.2	2.9	0.2

Tableau II bis : Taille d'effet par différence des changements pré-post-traitement

- Les sujets sont majoritairement des hommes pour PIRON 2009[46], THIELBAR 2014[48] et YOUNG BIN 2019[45]. Majoritairement des femmes chez DA SILVA 2015[47].

ETUDE	THIELBAR 2014		YOUNG BIN 2019		PIRON 2009		
Période d'évaluation	Post-formation	Suivi	Post-formation	Suivi	T30	T60	T90
Taille d'effet IC 95%	6.8 [-4.06 ; 17.66]	5.1 [-4.20 ; 14.40]	0.7 [-11.63 ; 13.03]	2.7 [-9.52 ; 14.92]	1.2 [-3.14 ; 5.54]	4.1 [-0.25 ; 8.45]	4.3 [0.03; 8.57]

Tableau III : Taille d'effet par différence post traitement de chaque groupe et intervalle de confiance

ETUDE	THIELBAR 2014		YOUNG BIN 2019		PIRON 2009		
Période d'évaluation	Post-formation	Suivi	Post-formation	Suivi	T30	T60	T90
Taille d'effet	0	-1.7	-0.4	2	0.2	2.9	0.2

Tableau III bis : Taille d'effet par différence des changements pré-post-traitement

- La moyenne d'âge de la population est comprise entre 52 et 59 ans pour THIELBAR 2014[48], YOUNG BIN 2019[45] et DA SILVA 2015[47]. Celle de PIRON 2009[46] est plus âgée.

ETUDE	THIELBAR 2014		YOUNG BIN 2019		DA SILVA 2015
Période d'évaluation	Post-formation	Suivi	Post-formation	Suivi	Post-formation
Taille d'effet IC 95%	6.8 [-4.06 ; 17.66]	5.1 [-4.20 ; 14.40]	0.7 [-11.63 ; 13.03]	2.7 [-9.52 ; 14.92]	-6 [-18.80 ; 6.80] (motricité) -1.1 [-2.36 ; 0.16] (coordination)

Tableau IV : Taille d'effet par différence post traitement de chaque groupe et intervalle de confiance

ETUDE	THIELBAR 2014		YOUNG BIN 2019		DA SILVA 2015
Période d'évaluation	Post-formation	Suivi	Post-formation	Suivi	Post-formation
Taille d'effet	0	-1.7	-0.4	2	-3 (motricité) -0.7 (coordination)

Tableau IV bis : Taille d'effet par différence des changements pré-post-traitement

- La durée moyenne post-AVC est comprise entre 3 et 5 ans chez DA SILVA 2015[47] et THIELBAR 2014[48], et elle est de moins d'un an et demi chez PIRON 2009[46]. YOUNG BIN 2019[45] indique qu'elle est d'au moins 6 mois, sans information complémentaire.

ETUDE	THIELBAR 2014		DA SILVA 2015
Période d'évaluation	Post-formation	Suivi	Post-formation
Taille d'effet IC 95%	6.8 [-4.06 ; 17.66]	5.1 [-4.20 ; 14.40]	-6 [-18.80 ; 6.80] (motricité) -1.1 [-2.36 ; 0.16] (coordination)

Tableau V : Taille d'effet par différence post traitement de chaque groupe et intervalle de confiance

ETUDE	THIELBAR 2014		DA SILVA 2015
Période d'évaluation	Post-formation	Suivi	Post-formation
Taille d'effet	0	-1.7	-3 (motricité) -0.7 (coordination)

Tableau V bis : Taille d'effet par différence des changements pré-post-traitement

- Le membre supérieur atteint est majoritairement le côté droit chez DA SILVA 2015 [47] et PIRON 2009[46], et le gauche chez THIELBAR 2014[48]. YOUNG BIN 2019[45] ne donne pas de précision sur ce paramètre.

ETUDE	DA SILVA 2015	PIRON 2009		
		T30	T60	T90
Taille d'effet IC 95%	-6 [-18.80 ; 6.80] (motricité) -1.1 [-2.36 ; 0.16] (coordination)	1.2 [-3.14 ; 5.54]	4.1 [-0.25 ; 8.45]	4.3 [0.03; 8.57]

Tableau VI : Taille d'effet par différence post traitement de chaque groupe et intervalle de confiance

ETUDE	DA SILVA 2015	PIRON 2009		
		T30	T60	T90
Taille d'effet	-3 (motricité) -0.7 (coordination)	0.2	2.9	0.2

Tableau VI bis : Taille d'effet par différence des changements pré-post-traitement

Intervention

Les études peuvent être mises en relation en fonction :

- Du système de réalité virtuelle utilisé.
- De la durée et du temps d'intervention par semaine.

➔ DA SILVA 2015[47] et PIRON 2009[46] utilisent un système de réalité virtuelle qui met en mouvement le membre supérieur dans sa globalité. Toutefois, DA SILVA 2015[47] utilise un système de réalité virtuelle proposant plusieurs activités sportives, qui ne mettent pas forcément en mouvement le membre supérieur, ou, uniquement le membre supérieur.

En fonction de l'outil d'interactivité utilisé, YOUNG BIN 2019[45] s'intéresse uniquement au mouvement des doigts ou bien à celui du membre supérieur. THIELBAR 2014[48] cible le mouvement des doigts.

ETUDE	DA SILVA 2015	PIRON 2009			+/-YOUNG BIN 2019	
Période d'évaluation	Post-formation	T30	T60	T90	Post-formation	Suivi
Taille d'effet IC 95%	-6 [-18.80 ; 6.80] (motricité) -1.1 [-2.36 ; 0.16] (coordination)	1.2 [-3.14 ; 5.54]	4.1 [-0.25 ; 8.45]	4.3 [0.03; 8.57]	0.7 [-11.63 ; 13.03]	2.7 [-9.52 ; 14.92]

Tableau VII : Taille d'effet par différence post traitement de chaque groupe et intervalle de confiance

ETUDE	DA SILVA 2015	PIRON 2009			+/-YOUNG BIN 2019	
Période d'évaluation	Post-formation	T30	T60	T90	Post-formation	Suivi
Taille d'effet	-3 (motricité) -0.7 (coordination)	0.2	2.9	0.2	-0.4	2

Tableau VII bis : Taille d'effet par différence des changements pré-post-traitement

➔ La durée d'intervention est de 6 semaines pour YOUNG BIN 2019[45] et THIELBAR 2014[48], de 2 mois pour DA SILVA 2015[47] et d'un mois pour PIRON 2009[46]. En multipliant le temps d'intervention par jour par la fréquence, on peut obtenir le temps d'intervention total par semaine et les ranger dans l'ordre croissant: 1 heure 30 par semaine YOUNG BIN 2019[45], 2 heures par semaine DA SILVA 2015[47], 3 heures par semaine THIELBAR 2014[48], 5 heures par semaine PIRON 2009[46].

ETUDE	THIELBAR 2014		YOUNG BIN 2019	
Période d'évaluation	Post-formation	Suivi	Post-formation	Suivi
Taille d'effet IC 95%	6.8 [-4.06 ; 17.66]	5.1 [-4.20 ; 14.40]	0.7 [-11.63 ; 13.03]	2.7 [-9.52 ; 14.92]

Tableau VIII : Taille d'effet par différence post traitement de chaque groupe et intervalle de confiance

ETUDE	THIELBAR 2014		YOUNG BIN 2019	
Période d'évaluation	Post-formation	Suivi	Post-formation	Suivi
Taille d'effet	0	-1.7	-0.4	2

Tableau VIII bis : Taille d'effet par différence des changements pré-post-traitement

Comparateur

La kinésithérapie conventionnelle employée est fonctionnelle, en lien avec les activités de la vie quotidienne, chez YOUNG BIN 2019[45], THIELBAR 2014[48] et PIRON 2009[46]. Elle est plus « *classique* » chez DA SILVA 2015[47]. La durée d'exercices rééducatifs et le temps total par semaine sont les mêmes que ceux de la réalité virtuelle.

ETUDE	THIELBAR 2014		YOUNG BIN 2019		PIRON 2009		
Période d'évaluation	Post-formation	Suivi	Post-formation	Suivi	T30	T60	T90
Taille d'effet IC 95%	6.8 [-4.06 ; 17.66]	5.1 [-4.20 ; 14.40]	0.7 [-11.63 ; 13.03]	2.7 [-9.52 ; 14.92]	1.2 [-3.14 ; 5.54]	4.1 [-0.25 ; 8.45]	4.3 [0.03; 8.57]

Tableau IX : Taille d'effet par différence post traitement de chaque groupe et intervalle de confiance

ETUDE	THIELBAR 2014		YOUNG BIN 2019		PIRON 2009		
Période d'évaluation	Post-formation	Suivi	Post-formation	Suivi	T30	T60	T90
Taille d'effet	0	-1.7	-0.4	2	0.2	2.9	0.2

Tableau IX bis : Taille d'effet par différence des changements pré-post-traitement

Mise en relation des études utilisant B&B test

Rappel sur les périodes d'évaluation des trois études, excepté celles effectuées en pré-intervention:

- YOUNG BIN 2019[45]: post-formation (après 6 semaines d'intervention) et suivi (4 semaines après la fin)
- ENG 2018[49]: après 8 semaines d'intervention (T1), après 16 semaines d'intervention (T2), 2 mois après la fin des 16 semaines d'intervention (suivi FU)
- ZONDERVAN 2016[50] : après 3 semaines d'intervention et un mois après la fin de l'intervention (suivi).

Pour rester en accord avec les résultats recueillis dans la sous partie *3.4 Effet de l'intervention*, on ne s'intéressera qu'à ceux donnés en période de suivi pour ZONDERVAN 2016[50] et on différenciera ceux des deux groupes d'ENG 2018[49] de ceux des deux sous-groupes.

Par simplification, on considérera que les périodes d'évaluation de ZONDERVAN 2016[50] et YOUNG BIN 2019[45] sont similaires.

Population

- ➔ Les trois études font appel à des sujets ayant un déficit moteur léger à modéré YOUNG BIN 2019[45] et/ou modéré à sévère ENG 2018[49] et ZONDERVAN 2016[50]. Les sujets sont majoritairement des hommes pour les trois études.

ETUDE	ENG 2018[49]			YOUNG BIN 2019[45]		ZONDERVAN 2016[50]
Groupe/Sous-groupe	Groupes			Sous-groupes		Groupes
Paramètre de position	Médiane			Moyenne	Moyenne	
<i>Période d'évaluation</i>	<i>T1</i>	<i>T2</i>	<i>Suivi</i>	<i>T2</i>	<i>Post-formation</i>	<i>Suivi</i>
Taille d'effet +/- IC 95 %	1.5	1.5	-2	-4.7 [-10.05 ; 0.65]	-4.6 [-18.06 ; 8.86]	-4.3 [-19.95 ; 11.35] -1.9 [-6.7 ; 2.9]

Tableau X : Taille d'effet par différence post traitement de chaque groupe et intervalle de confiance

ETUDE	ENG 2018			YOUNG BIN 2019		ZONDERVAN 2016
Groupe/Sous-groupe	Groupes			Sous-groupes		Groupes
Paramètre de position	Médiane			Moyenne	Moyenne	
<i>Période d'évaluation</i>	<i>T1</i>	<i>T2</i>	<i>Suivi</i>	<i>T2</i>	<i>Post-formation</i>	<i>Suivi</i>
Taille d'effet +/- IC 95 %	0	0	-3.5	-1.2	2.2	0.3 -2

Tableau X bis : Taille d'effet par différence des changements pré-post-traitement

- ➔ La population d'ENG 2018[49] et de ZONDERVAN 2016[50] avoisine une moyenne d'âge de 60 ans et une durée moyenne post-AVC comprise entre 2 et 5 ans. La moyenne d'âge de YOUNG BIN 2019[45] est un peu plus jeune et la durée moyenne post-AVC est d'au moins 6 mois, sans information complémentaire.

ETUDE	ENG 2018			ZONDERVAN 2016
Groupe/Sous-groupe	Groupes		Sous-groupes	Groupes
Paramètre de position	Médiane		Moyenne	Moyenne
Période d'évaluation	T1	T2	Suivi	T2
Taille d'effet +/- IC 95 %	1.5	1.5	-2	-4.7 [-10.05 ; 0.65]

Tableau XI : Taille d'effet par différence post traitement de chaque groupe et intervalle de confiance

ETUDE	ENG 2018			ZONDERVAN 2016
Groupe/Sous-groupe	Groupes		Sous-groupes	Groupes
Paramètre de position	Médiane		Moyenne	Moyenne
Période d'évaluation	T1	T2	Suivi	T2
Taille d'effet +/- IC 95 %	0	0	-3.5	-1.2

Tableau XI bis : Taille d'effet par différence des changements pré-post-traitement

NB : La taille de l'échantillon des trois études différente pour les trois études. Classée selon un ordre croissant, elle est n = 17 ZONDERVAN 2016[50], n = 31 YOUNG BIN 2019[45] et n = 54 ENG 2018[49].

YOUNG BIN 2019[45] et ZONDERVAN 2016[50] ne donne pas d'information sur le côté atteint.

Intervention

Là aussi, les études peuvent être mises en relation en fonction :

- Du système de réalité virtuelle utilisé.
- De la durée et du temps d'intervention par semaine.

➔ YOUNG BIN 2019[45] et ENG 2018[49] utilise un système de réalité virtuelle qui s'intéresse au mouvement de la main et/ou à celui du membre supérieur, en fonction de l'outil d'interactivité connecté. ZONDERVAN 2016[50] met en rythme plusieurs prises avec les doigts.

ETUDE	ENG 2018			YOUNG BIN 2019	
Groupe/Sous-groupe	Groupes		Sous-groupes	Groupes	
Paramètre de position étudié	Médiane		Moyenne	Moyenne	
Période d'évaluation	T1	T2	Suivi	T2	Post-formation
Taille d'effet	1.5	1.5	-2	-4.7 [-10.05 ; 0.65]	-4.6 [-18.06 ; 8.86] -4.3 [-19.95 ; 11.35]

Tableau XII : Taille d'effet par différence post traitement de chaque groupe et intervalle de confiance

ETUDE	ENG 2018			YOUNG BIN 2019	
Groupe/Sous-groupe	Groupes		Sous-groupes	Groupes	
Paramètre de position étudié	Médiane		Moyenne	Moyenne	
Période d'évaluation	T1	T2	Suivi	T2	Post-formation
Taille d'effet	0	0	-3.5	-1.2	2.2 0.3

Tableau XII bis : Taille d'effet par différence des changements pré-post-traitement

- ➔ La durée d'intervention diffère pour les 3 études : 3 semaines pour ZONDERVAN 2016[50], 4 semaines pour ENG 2018[49] et 6 semaines pour YOUNG BIN 2019[45]. Le temps total d'intervention par semaine est de 3 heures pour ENG 2018[49] et ZONDERVAN 2016[50] (cf. Tableau XI et XI bis). Il est d'une heure et demie pour YOUNG BIN 2019[45].

Comparateur

La kinésithérapie conventionnelle employée est fonctionnelle, en lien avec les activités de la vie quotidienne uniquement chez YOUNG BIN 2019[45]. Elle est plus « *classique* » chez ENG 2018[49] et ZONDERVAN 2016[50] (cf. Tableau XI et XI bis). La durée d'exercices rééducatifs et le temps total par semaine sont les mêmes que ceux de la réalité virtuelle.

Résumé

INTRODUCTION : La réalité virtuelle est une innovation technologique utilisée en kinésithérapie dans la prise en charge des patients victimes d'un accident vasculaire cérébral.

OBJECTIF : Déterminer l'efficacité de la réalité virtuelle, comparativement à la kinésithérapie conventionnelle, sur la récupération motrice du membre supérieur.

METHODOLOGIE DE RECHERCHE : Utilisation de bases de données PubMed, PEDro et Cochrane. CRITERE D'INCLUSION : Essais cliniques randomisés comparant la réalité virtuelle avec la kinésithérapie conventionnelle, utilisées chez des adultes en phase chronique d'accident vasculaire cérébral. CRITERE DE JUGEMENT : Récupération de la fonction motrice du membre supérieur, évalué par Fugl-Meyer-Upper-Extremity-Scale et Box & Block test.

RESULTATS ET ANALYSE : Etude de 6 essais cliniques randomisés de faible puissance: les biais ont été répertoriés et doivent être pris en compte dans l'analyse des résultats.

Les résultats ont montré une tendance en faveur de la réalité virtuelle pour ce qui est de l'amélioration de la motricité globale du membre supérieur, et une tendance en faveur de la kinésithérapie conventionnelle pour celle de la dextérité manuelle. Mais aucune différence d'efficacité entre les deux traitements ne s'est montrée significative et avérée.

DISCUSSION : La nature ludique de ces systèmes de réalité virtuelle ainsi que le facteur temps sont deux critères à ne pas négliger, et justifient la nécessité de la continuité de la recherche scientifique, afin de préciser la différence d'efficacité avec la kinésithérapie conventionnelle sur l'amélioration de la fonction motrice du membre supérieur.

MOTS CLES: réalité virtuelle, kinésithérapie conventionnelle, accident vasculaire cérébral chronique, adulte, membre supérieur, motricité

Abstract

BACKGROUND : Virtual reality is a technological innovation used in physiotherapy in the care of patients victims of a stroke.

OBJECTIVES : To determine the effectiveness of virtual reality, compared with conventional physiotherapy, on upper limb's motor recovery.

SEARCH METHOD : Using PubMed, PEDro and Cochrane databases. **SELECTION CRITERIA:** Randomized clinical trials comparing virtual reality with conventional physiotherapy, in adults with chronic stroke. **OUTCOME:** the recovery of the upper limb motor function, evaluated by Fugl-Meyer-Upper-Extremity-Scale and Box & Block test.

RESULTS AND ANALYSIS : Study of 6 low power's randomized clinical trials: Biases have been listed and must be taken into account in the analysis of the results. The results showed a trend in favor of virtual reality in improvement of upper limb's overall motor skills, and a trend in favor of conventional physiotherapy for manual dexterity. But no difference in effectiveness between the two treatments was found to be significant and proven.

DISCUSSION : The playful nature of these virtual reality systems as well as the time factor are two criteria that should not be neglected, and which justify the need for the continuity of scientific research, in order to specify the difference in effectiveness with conventional physiotherapy on improvement of the motor function of the upper limb.

KEY WORDS: virtual reality, conventional physiotherapy, chronic stroke, adult, upper limb, motricity