



HAL
open science

Intérêts de la réalité virtuelle dans la prise en charge des enfants paralysés cérébraux

Mathilde Fabre

► **To cite this version:**

Mathilde Fabre. Intérêts de la réalité virtuelle dans la prise en charge des enfants paralysés cérébraux. Médecine humaine et pathologie. 2022. dumas-03962692

HAL Id: dumas-03962692

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03962692>

Submitted on 30 Jan 2023

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

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

**AIX-MARSEILLE UNIVERSITÉ
ÉCOLE DES SCIENCES DE LA RÉADAPTATION
FORMATION EN MASSO-KINÉSITHÉRAPIE**

**INTÉRÊTS DE LA RÉALITÉ VIRTUELLE DANS
LA PRISE EN CHARGE DES ENFANTS
PARALYSÉS CÉRÉBRAUX**

FABRE Mathilde

Directeur de mémoire : M. PIMENTA AFONSO Sergio

Remerciements

Mes remerciements s'adressent tout d'abord à mon maître de mémoire Mr. Sergio PIMENTA AFONSO, pour son soutien, sa disponibilité et sa bienveillance lors de la rédaction de ce travail.

A tous les kinésithérapeutes que j'ai pu rencontrer au cours de mon parcours étudiant, que ce soit pendant les stages ou lors de mon apprentissage à l'hôpital Sainte Marguerite. Vous m'avez tant appris et transmis cette passion pour le métier de kinésithérapeute, merci pour tout.

Merci à mes amies qui ont été un soutien sans faille durant ces 4 années d'étude. Vous m'avez appris à grandir en tant qu'être humain et future thérapeute. Merci d'avoir des personnalités extraordinaires, d'avoir partagé tant de moments de joie, et pour vos qualités à toute épreuve, vous m'avez tant apporté.

A mon Louis, tu as su être patient, rassurant et compréhensif durant la réalisation de mon mémoire, comme tu l'as toujours été. Merci d'être la personne que tu es, d'avoir autant participé à la personne que je suis devenue, je n'aurai jamais les mots pour te dire à quel point tu es une personne merveilleuse.

A mon papa, pour ton amour et l'éducation que tu m'as donnée, j'en suis là grâce à toi, merci mille fois.

Liste des abréviations :

PC : paralysie cérébrale

IMC : infirmité motrice cérébrale

IMOC : infirmité motrice d'origine cérébrale

GMFCS : Gross Motor Function Classification System = système de classification de la fonction motrice globale pour la paralysie cérébrale

MS : membres supérieurs

VR : Virtual Reality = réalité virtuelle

MCID : Minimal Clinically Important Difference

MACS : Manual Ability Classification for Children with cerebral palsy

NDT : Thérapie Neuro-Développementale

TOT : Traditional Occupational Therapy

GE : groupe experimental

GC : groupe contrôle

TABLE DES MATIERES

1	INTRODUCTION.....	1
1.1	DEFINITION	1
1.2	ÉPIDEMIOLOGIE.....	2
1.3	ÉTIOLOGIES	2
1.4	CLASSIFICATION.....	3
1.4.1	<i>Classification neurologique.....</i>	<i>4</i>
1.4.2	<i>Classification topographique</i>	<i>4</i>
1.4.3	<i>Classification fonctionnelle</i>	<i>5</i>
1.5	SYMPTOMES.....	5
1.6	IMPACT DE LA PARALYSIE CEREBRALE SUR LA FONCTION MUSCULAIRE GLOBALE ET L'ÉQUILIBRE	8
1.7	DIAGNOSTIC	9
1.8	PRISE EN CHARGE	10
1.8.1	<i>Prise en charge médicale</i>	<i>10</i>
1.8.2	<i>Prise en charge en masso-kinésithérapie.....</i>	<i>11</i>
1.9	LA REALITE VIRTUELLE	13
1.10	INTERETS ET HYPOTHESES DE LA REVUE.....	14
1.11	OBJECTIFS DE LA REVUE DE LITTERATURE	14
2	MÉTHODOLOGIE	15
2.1	CRITERES D'ELIGIBILITE DES ETUDES POUR CETTE REVUE	15
2.1.1	<i>Schéma d'étude</i>	<i>15</i>
2.1.2	<i>Population / pathologie</i>	<i>15</i>
2.1.3	<i>Intervention</i>	<i>15</i>
2.1.4	<i>Comparateur.....</i>	<i>16</i>
2.1.5	<i>Critères de jugement.....</i>	<i>16</i>
2.1.6	<i>Critères d'exclusion</i>	<i>21</i>
2.2	STRATEGIE DE RECHERCHE	21
2.2.1	<i>Sources documentaires.....</i>	<i>21</i>
2.2.2	<i>Équation de recherche</i>	<i>21</i>
2.3	METHODE D'EXTRACTION ET D'ANALYSE DES DONNEES.....	22
2.3.1	<i>Méthode de sélection des études.....</i>	<i>22</i>
2.3.2	<i>Évaluation de la qualité méthodologique des études sélectionnées.....</i>	<i>22</i>
2.3.3	<i>Extraction des données</i>	<i>23</i>
2.3.4	<i>Méthode de synthèse des résultats</i>	<i>24</i>
3	RÉSULTATS.....	25
3.1	DESCRIPTION DES ETUDES.....	25
3.1.1	<i>Diagramme de flux</i>	<i>25</i>
3.1.2	<i>Études exclues.....</i>	<i>26</i>
3.1.3	<i>Description des études incluses.....</i>	<i>27</i>
3.2	RISQUES DE BIAIS DES ETUDES INCLUSES	27
3.2.1	<i>Grille utilisée</i>	<i>27</i>
3.2.2	<i>Synthèse des biais retrouvés</i>	<i>28</i>
3.3	EFFICACITE DE L'INTERVENTION	29
3.3.1	<i>Aran et al. (2020)[37].....</i>	<i>32</i>
3.3.2	<i>Aahin et al. (2020) [38].....</i>	<i>33</i>
3.3.3	<i>Chiu et al. (2014) [39]</i>	<i>37</i>
3.3.4	<i>Abo-Zaid et al. (2021)[40].....</i>	<i>39</i>
3.3.5	<i>Bedair et al. (2016)[41].....</i>	<i>41</i>
4	DISCUSSION	42
4.1	ANALYSE DES PRINCIPAUX RESULTATS	42
4.1.1	<i>Analyse de la population.....</i>	<i>42</i>

4.1.2	<i>Analyse des interventions</i>	43
4.1.3	<i>Analyse des résultats</i>	44
4.1.4	<i>Risques de biais des études</i>	55
4.2	APPLICABILITE DES RESULTATS EN PRATIQUE CLINIQUE.....	56
4.2.1	<i>Balance bénéfiques / risques</i>	56
4.2.2	<i>Rapport coût / efficacité</i>	58
4.3	QUALITE DES PREUVES	59
4.4	BIAIS POTENTIELS DE LA REVUE	59
5	CONCLUSION	62
5.1	IMPLICATION POUR LA PRATIQUE CLINIQUE	62
5.2	IMPLICATION POUR LA RECHERCHE	62
6	BIBLIOGRAPHIE	64

1 INTRODUCTION

1.1 Définition

La paralysie cérébrale touche **17 millions** de personnes dans le monde ; dont **125.000** en France.¹ Elle est en constante augmentation due à l'amélioration des soins obstétricaux et néonataux qui diminuent la mortalité chez les bébés prématurés.

La paralysie cérébrale (PC) désigne « l'ensemble des troubles cliniques permanents concernant le développement du mouvement et de la posture, responsables de limitations d'activité, causés par des atteintes non évolutives survenant au cours du développement, sur le cerveau du fœtus, du nouveau-né et plus rarement du nourrisson » [1].

Ce n'est pas une pathologie définie avec des symptômes précis, c'est un terme qui englobe des symptômes divers, étiologiquement différents et qui évoluent avec le temps.

Une des premières descriptions de ce terme a été réalisée par le docteur William Little dans les années 1860 [2], qui a suggéré que les dommages cérébraux survenaient à la suite d'une hypoxie néonatale. Le manque d'oxygène entraînait alors, selon lui, une spasticité des membres et des déformations musculosquelettiques. Il a associé cette symptomatologie à la prématurité, aux accouchements difficiles, notamment l'utilisation de forceps, et à l'asphyxie périnatale.

La paralysie cérébrale a ensuite été décrite en France par le professeur Guy Tardieu dans les années 1960. Il a regroupé dans ce terme les dénominations **d'infirmité motrice cérébrale (IMC)**, **d'infirmité motrice d'origine cérébrale (IMOC)** et les **polyhandicaps d'origine périnatale**.^{2,3}

- L'IMC présente des troubles moteurs variables, souvent associés à des troubles d'expression et de comportement, mais avec une intelligence normale.
- L'IMOC répond à la même définition mais avec une déficience intellectuelle légère ou moyenne (Quotient Intellectuel entre 50 et 90).
- Le polyhandicapé présente une déficience motrice importante associée à une déficience intellectuelle profonde, entraînant une dépendance pour les actes de la vie quotidienne et perturbant la communication et la vie relationnelle.

On y retrouve donc principalement des troubles moteurs, souvent accompagnés de troubles sensoriels, cognitifs, perceptifs, de la communication et du comportement.

¹ <https://www.fondationparalysiecerebrale.org/quest-ce-que-la-paralysie-cerebrale>

² <https://handiconnect.fr/fiches-conseils/paralysie-cerebrale-pc-definition-prevalence-et-etologie>

³ http://www.handiplace.org/media/pdf/autres/IMC_IMOC_2016.pdf

1.2 Épidémiologie

La paralysie cérébrale est la **première** cause de handicap moteur chez l'enfant, elle représente 4 naissances par jour en France.⁴

D'après les données européennes, l'incidence de la paralysie cérébrale est de 2,08 pour 1000 naissances vivantes [3]. Cette fréquence augmente avec un faible poids de naissance ou une naissance prématurée.

En effet, on retrouve une paralysie cérébrale chez 60‰ des naissances vivantes avec un poids inférieur à 1500g, et chez quasiment 112 ‰ des bébés prématurés nés avant la 28^{ème} semaine d'aménorrhée [4].

Ce handicap est responsable d'un coût estimé à **11,5 milliards de dollars** chez les personnes nées en 2000 aux États-Unis.

Cela inclue les coûts indirects, les coûts médicaux et non médicaux tels que l'éducation spécifique, les améliorations ergonomiques de la voiture ou de la maison...

C'est donc un handicap relativement présent dans le monde et ayant un coût important.

1.3 Étiologies

L'étiologie de la paralysie cérébrale est **multifactorielle**, les causes sont multiples et inexpliquées dans 40% des cas.

A l'origine de ces lésions, on retrouve le plus souvent, une diminution voire un arrêt de l'apport de sang oxygéné dans certaines parties du cerveau (anoxie-ischémie), ou une hémorragie cérébrale.

⁴ <https://handiconnect.fr/fiches-conseils/paralysie-cerebrale-pc-definition-prevalence-et-etologie>

Origines et facteurs de risques de la paralysie cérébrale^{5,6,7} :

Période prénatale (70% des causes connues)	Période périnatale (20% des causes connues)	Période post-natale (10% des causes connues)
<ul style="list-style-type: none"> - Age avancé de la mère - Mère avec anomalies de la thyroïde, une déficience intellectuelle, un excès de protéines dans l'urine ou des convulsions - Pluriparité - Groupe sanguin incompatible mère/enfant - Accident vasculaire cérébral - Malformation du système nerveux central - Infection ou intoxication materno-fœtale (rubéole, toxoplasmose, cytomégalovirus, virus de l'herpès, certains médicaments ou drogues) - Anomalies du placenta ou du cordon pouvant détruire certaines cellules cérébrales du fœtus 	<ul style="list-style-type: none"> - Accouchement difficile - Score Apgar (<i>Apparence-Pouls-Grimace-Activité-Respiration</i>) faible - Naissance pré-terme ou post-terme[5] - Encéphalopathie - Ictère nucléaire ou jaunisse (due à une hyper bilirubinémie) - Asphyxie périnatale - Infections du système nerveux central - Trouble circulatoire du fœtus lié à une mauvaise position du cordon ombilical entraînant une asphyxie - Accident vasculaire cérébral - Infection materno-fœtale - Causes génétiques 	<ul style="list-style-type: none"> - Infection à l'origine d'un manque d'oxygénation cérébrale (méningite, encéphalite, bronchiolite, endocardite, septicémie), - Traumatisme physique (trauma crânien, bébé secoué...) - Hypoxie-ischémie (noyade) - Traitement d'une tumeur - Convulsions sévères - Arrêt cardiaque - Réanimation suite à une mort subite du nourrisson - Toutes circonstances qui entraînent la baisse ou l'arrêt de l'irrigation du cerveau

La **prématurité** reste un des facteurs de risque les plus importants, elle concerne 35% des cas de PC [6], [7].

1.4 Classification

Il existe plusieurs classifications pour la PC, regroupant les différents troubles en fonction du type d'atteinte, de la localisation et de la limitation fonctionnelle engendrée.

⁵<https://www.frcneurodon.org/comprendre-le-cerveau/le-cerveau-malade-et-ses-maladies-neurologiques/la-paralysie-cerebrale/>

⁶ <https://www.fondationparalysiecerebrale.org/quest-ce-que-la-paralysie-cerebrale>
<https://cnfs.ca/pathologies/paralysie-cerebrale>

⁷<https://www.ninds.nih.gov/Disorders/Patient-Caregiver-Education/Hope-Through-Research/Cerebral-Palsy-Hope-Through-Research>

1.4.1 Classification neurologique

Elle différencie les troubles selon le type d'atteinte motrice⁸ [8]:

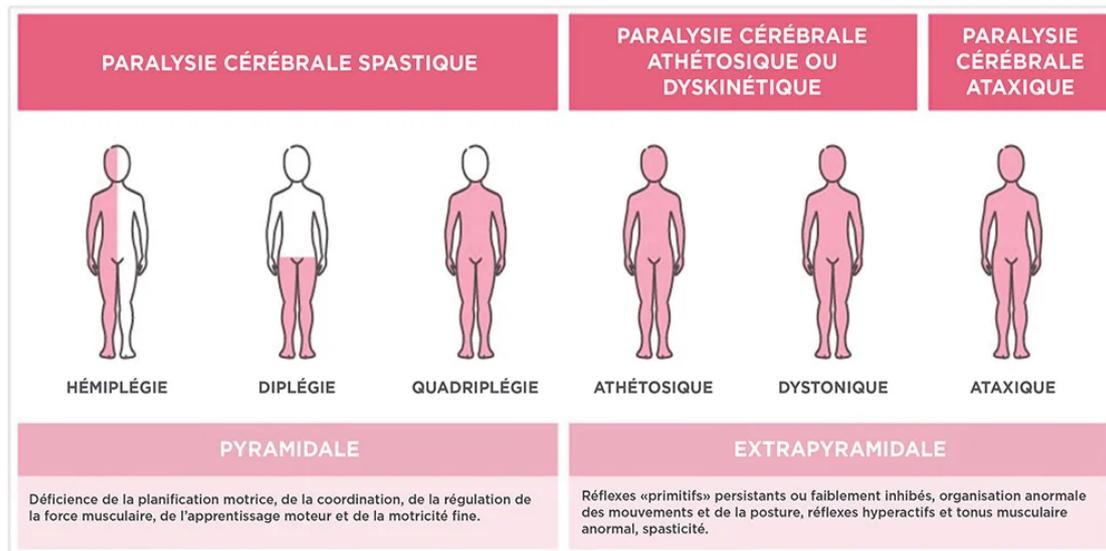
- **Spastique** (75%) : réponse anormale à l'étirement rapide, généralement accompagnée de clonus et de réflex ostéo-tendineux vifs. Plus la lésion est sévère, plus la spasticité s'installe rapidement. Elle provient d'une atteinte du système moteur, et concerne plus souvent la diplégie et l'hémiplégie.
- **Dyskinétique** (20%) : Elle provient d'une atteinte des ganglions de la base et est caractérisée par des mouvements involontaires rapides ou lents. Il y a une impossibilité à organiser et à exécuter correctement un mouvement volontaire, à coordonner des mouvements automatiques et à maintenir une posture. Ces mouvements anormaux augmentent avec l'âge.
- **Ataxique** (5%) : caractérisée par des mouvements mal coordonnés ; affecte l'équilibre et le sens des repères dans l'espace. Elle provient d'une atteinte du cervelet (syndrome cérébelleux).
- **Types mixtes** : combinaison des atteintes spastique et dyskinétique.

1.4.2 Classification topographique

Elle catégorise l'atteinte selon sa localisation :

- Formes unilatérales :
 - **L'hémiplégie** correspond à l'atteinte des membres inférieurs et supérieurs homolatéraux à la lésion ;
 - **La monoplégie** correspond à l'atteinte d'un seul membre.
- Formes bilatérales :
 - **La diplégie** ou **paraplégie** correspond à l'atteinte des deux membres inférieurs ;
 - **La triplégie** correspond à l'atteinte des deux membres inférieurs et d'un membre supérieur ;
 - **La tétraparésie** correspond à l'atteinte des quatre membres.

⁸ <http://www.portailenfance.ca/wp/modules/troubles-du-developpement/volet-2/la-paralyse-cerebrale/categorisation-et-classification-pc/>



1. Reddihough DS and Collins KJ. The epidemiology and causes of cerebral palsy. *Aust J Physiother.* 2003;49(1):7-12.
2. Graham HK et al. Cerebral palsy. *Nat Rev Dis Primers.* 2016;2:15082. doi: 10.1038/nrdp.2015.82.

Classification topographique de la paralysie cérébrale

1.4.3 Classification fonctionnelle

Elle se réalise selon plusieurs échelles recommandées par la HAS⁹ :

- **GMFM** : Gross Motor Function Mesure ;
- **GMFCS** : Gross Motor Function Classification System

La plus fréquemment utilisée pour décrire l'état fonctionnel des enfants PC est l'échelle **GMFCS**¹⁰ [9][10] :

- **GMFCS I** : Capable de courir et de monter les escaliers sans aide des membres supérieurs (MS) (40% des enfants PC) ;
- **GMFCS II** : Marche sans aide et monte les escaliers avec aide des MS (20% des enfants PC) ;
- **GMFCS III** : Marche avec aide technique et utilise un fauteuil roulant manuel (FRM) sur les plus longues distances (12% des enfants PC) ;
- **GMFCS IV** : Marche d'intérieur avec aide technique et/ou humaine, FRM ou fauteuil roulant électrique (FRE) pour la plupart des trajets (14% des enfants PC) ;
- **GMFCS V** : Aucune capacité de déplacements autonomes, pas de tenue de tête (12% des enfants PC).

1.5 Symptômes

La nature et l'intensité des symptômes dépendent de la localisation de la zone cérébrale touchée, de l'étendue et du moment de survenue de ces lésions.

⁹ https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2021-12/reco355_rbp_paralysie_cerebrale_cd_2021_10_21_lg_v0_post_endossement_lg.pdf

¹⁰ http://cpnet.canchild.ca/system/tenon/assets/attachments/000/000/059/original/GMFCS-ER_Translation-French.pdf

On distingue une cascade de trois évènements¹¹ :

- les anomalies primaires : conséquence directe de la lésion au niveau cérébral. Elles sont dites primaires tant qu'il n'y a aucune anomalie de type vice architectural ou rétraction musculo-tendineuse. On y inclut faiblesse musculaire, dystonie, spasticité, clonus, hyperréflexie et défaut de sélectivité de la commande.
- les anomalies secondaires : elles sont la conséquence des anomalies primaires sur le système musculo-squelettique en croissance, on y retrouve : les rétractions musculaires, les troubles de la statique rachidienne, les déformations telles que les troubles torsionnels osseux comme une antéverson excessive du col fémoral, une torsion tibiale interne, déformation en valgus, ou varus de certaines articulations.
- les anomalies tertiaires : elles sont traduites par des mécanismes de compensation sous la dépendance d'une commande volontaire. Ils permettent de conserver la fonction et de compenser les conséquences des anomalies secondaires. Cela peut être l'utilisation des bras en balancier ou le fauchage proximal en cas de pied équin par exemple.

Les symptômes associés aux différents syndromes :

Syndrome spastique	<ul style="list-style-type: none"> • Hypertonie spastique (résistance aux mouvements passifs) • Accentuation des réflexes tendineux (hyperréflexie) • Hypertonie (tonus augmenté) • Manque de coordination des mouvements volontaires et faiblesse • Contractures et désalignements articulaires • Dysarthrie • Dysphagie
Syndrome dyskinétique	<ul style="list-style-type: none"> • Mouvements involontaires lents de tortillement suite à un mouvement volontaire ou à une excitation soudaine • Mouvements choréiques distaux abrupts • Difficultés de coordination des mouvements fins • Dysarthrie • Augmentation des mouvements avec les variations émotionnelles • Disparition des mouvements involontaires advenant durant le sommeil
Syndrome ataxique	<ul style="list-style-type: none"> • Faiblesse musculaire • Manque de coordination • Pertes d'équilibre • Tremblement intentionnel (lors d'un mouvement volontaire) • Démarche avec un polygone de sustentation plus large • Difficulté à effectuer des mouvements rapides et fins
Syndromes mixtes	<ul style="list-style-type: none"> • Combinaison des signes et symptômes des syndromes spastique et dyskinétique

¹¹ <https://www.edimark.fr/Front/frontpost/getfiles/21945.pdf>

Quel que soit le syndrome, ce sont principalement les troubles de développement du **mouvement** et de la **posture** qui entraînent les limitations de l'activité chez le patient cérébro-lésé.

En dehors des troubles moteurs, la paralysie cérébrale s'accompagne de nombreuses manifestations cliniques telles que ^{12,13,14} :

Troubles	Conséquences et proportions chez les enfants paralysés cérébraux
Troubles cognitifs	Troubles visuo-spatiaux, exécutifs, de mémoire, attentionnels (avec ou sans hyperactivité)
Trouble du développement intellectuel (TDI), déficience intellectuelle	<ul style="list-style-type: none"> - Aucune altération chez 1/3 des enfants, - Altération légère chez 1/3 des enfants, - Altération sévère chez 1/3 des enfants 50% ; surtout en présence d'une quadriplégie ou d'un syndrome mixte
Troubles de la communication et du langage	/
Épilepsie de type tonico-clonique	25 à 60% des enfants, surtout en présence de spasticité hémiplégique ou quadriplégique
Troubles sensoriels et neurosensoriels	<ul style="list-style-type: none"> • Visuels ou auditifs principalement, mais aussi proprioceptifs, vestibulaires, tactiles, gustatifs, olfactifs • 1 sur 10 est aveugle, 1 sur 25 est sourd
Troubles émotionnels	50-75% des IMC
Douleurs chroniques	75%
Troubles vésico-sphinctériens	Dysurie, constipation, retard d'acquisition de la propreté, fuites urinaires ou fécales
Troubles viscéraux et respiratoires	RGO, encombrement bronchique, toux difficile
Troubles de l'oralité alimentaire ou verbale	Hypersensibilité, fausses routes, dysarthrie (30% des enfants)
Troubles du comportement	25% : auto ou hétéro-agressivité, repli...
Troubles du sommeil	20%
Troubles des apprentissages	Dyspraxie, dyslexie, dyscalculie...
Fatigabilité	/

¹² <https://handiconnect.fr/fiches-conseils/paralysie-cerebrale-pc-definition-prevalence-et-etologie>

¹³ <https://cnfs.ca/pathologies/paralysie-cerebrale>

¹⁴ <https://jamanetwork-com.lama.univ-amu.fr/journals/jamapediatrics/fullarticle/2636588>

Elles sont **non-évolutives** mais peuvent se modifier avec l'âge. Malgré tous ces troubles, la paralysie cérébrale est une pathologie avec une **espérance de vie normale**.

Dans les pays à revenu élevé, les données démographiques indiquent que **2 personnes sur 3** atteintes de paralysie cérébrale marcheront, **3 sur 4** parleront et **1 sur 2** aura une intelligence normale.

Environ 60% seront indépendants à la déambulation (GMFCS I), 10% auront besoin d'une aide à la marche (GMFCS II) et 30% se déplaceront en fauteuil roulant (GMFCS IV et V) [11].

1.6 Impact de la paralysie cérébrale sur la fonction musculaire globale et l'équilibre

Nous avons récemment pris conscience que les lésions des mécanismes neuronaux centraux contrôlant les mouvements contribuent largement à l'altération du comportement moteur.

Ces déficiences se traduisent par une **mauvaise coordination de l'activité musculaire**, ainsi que par des **déficits du système proprioceptif** et des **ajustements anticipatoires**.

La **spasticité** peut entraîner des contractures en raison d'une perte marquée de sarcomères dans le muscle, d'une augmentation de la rigidité du muscle spastique et de modifications du tissu conjonctif dans le muscle.

Les troubles du mouvement chez les patients atteints de paralysie cérébrale sont fluctuants en fonction de la gravité de la lésion et de l'âge.

On distingue cependant des anomalies dites primaires avec un tonus musculaire anormal et un déséquilibre musculaire. Ces anomalies entraînent à terme des troubles musculosquelettiques secondaires, qui sont la conséquence des attitudes vicieuses sur un squelette en croissance. Des troubles tertiaires apparaissent ensuite pour compenser la gêne fonctionnelle.

On peut donc penser que **l'amélioration de la fonction motrice** pourrait permettre une diminution de la gravité des anomalies secondaires et tertiaires.

On retrouve des muscles plus fins et plus courts que chez un individu sain. Les fibres musculaires ont un diamètre réduit. Il semblerait que le sarcomère, unité fonctionnelle du muscle, soit en nombre réduit avec un volume doublé par rapport à la taille normale. Ces données contribueraient à la perte de force progressive des enfants PC.

La force musculaire étant essentielle pour la tenue en position debout et pour la marche, les enfants paralysés cérébraux vont être en difficulté dans la réalisation de ces activités [12].

Chez les enfants atteints de PC, une intervention intensive avant l'âge de sept ans est recommandée pour optimiser la fonction motrice et l'apprentissage des compétences fonctionnelles, les gains les plus importants seront réalisés durant cette période du point de vue de la maturation et de la neuroplasticité [13][14].

Des études sur des enfants d'âge scolaire montrent que la motricité globale fait partie intégrante de la participation sociale, récréative et scolaire et a été liée à une meilleure estime de soi [15] et au développement cognitif [16] .

La littérature indique que le retard de développement de la **fonction motrice globale**, ainsi que la diminution du **contrôle postural**, sont les problèmes les plus importants observés chez les enfants atteints de PC [17] [18].

1.7 Diagnostic

La priorité est de pouvoir réaliser un **diagnostic précoce** afin d'avoir une prise en charge rapide permettant d'exploiter le potentiel maximal de la plasticité cérébrale et donc de diminuer les conséquences des symptômes engendrés par la PC.

L'identification précoce est possible aujourd'hui grâce aux facteurs de risques dans la période anténatale, et périnatale.

La période de 12 à 24 mois (entre 1 et 2 ans) de l'enfant a été longtemps considérée comme « période de latence » ou « période de silence » où on ne pouvait pas identifier avec précision la paralysie cérébrale.

La littérature considère désormais cette période de silence comme dépassée car la paralysie cérébrale peut être prédite avec précision avant l'âge corrigé de **6 mois** (c'est-à-dire l'âge qu'aurait eu l'enfant s'il était né à la date d'accouchement prévue, dans le cas d'un bébé prématuré).

Il est possible aujourd'hui de diagnostiquer une PC **avant 5 mois** grâce à **l'IRM, l'évaluation qualitative des mouvements de Prechtl et l'examen neurologique standardisé HINE**¹⁵.

Une IRM anormale peut identifier des critères anormaux prédictifs d'une possible paralysie cérébrale :

- Les lésions de la substance blanche (leuco-malacie péri-ventriculaire kystique ou infarctus hémorragiques péri-ventriculaires) représentent les anomalies les plus retrouvées dans le diagnostic de la paralysie cérébrale ;
- Les lésions corticales et profondes de la substance grise : lésions des ganglions de la base ou du thalamus, lésion para sagittale, encéphalomalacie multi kystique, ou accident vasculaire cérébral ;
- Des troubles du développement cérébral (lissencéphalie, pachygyrie, dysplasie corticale, polymicrogyrie ou schizencéphalie).

¹⁵ <https://jamanetwork-com.lama.univ-amu.fr/journals/jamapediatrics/fullarticle/2636588>

Dans le cas d'absence de facteurs de risques tels que la prématurité, un accouchement difficile ou autre, le diagnostic sera plus tardif avec des signes de retards de développement (position assise non tenue à 9 mois, asymétrie de force dans les mains...).

A partir des 2 ans de l'enfant, la gravité peut être classée de manière fiable à l'aide de l'échelle **GMFCS**.

Les symptômes partagés par tous les nourrissons et enfants souffrant de paralysie cérébrale sont :

- Retard de développement moteur ;
- Persistance de réflexes infantiles (par exemple le réflexe de Moro : réaction de protection en posture d'ouverture puis fermeture suite à une sensation de chute) ;
- Hyperréflexie ;
- Altération du tonus musculaire, posture anormale.

Il est difficile de diagnostiquer un retard de développement moteur à la naissance car les symptômes ne sont pas toujours très apparents. Ils seront observables dans les mois qui suivent, et seront alors différents selon la région du système nerveux central où se trouvent les lésions¹⁶.

Il est important de noter que dans les symptomatologies légères, en particulier la PC unilatérale (hémiplégie et monoplégie), il est possible d'obtenir un **score dans la plage normale** sur une évaluation motrice standardisée, et pour autant avoir des mouvements anormaux.

Par exemple : un nourrisson atteint d'hémiplégie pourra réaliser l'évaluation de sa main valide ; un nourrisson atteint de diplégie aura un score normal pour les membres supérieur, et un score anormal pour les membres inférieurs, ce qui pourra potentiellement donner un score moteur total normal.

Il est donc primordial que les évaluations soient réalisées par des professionnels qualifiés qui seront attentifs à la **qualité** du mouvement effectué, afin de déterminer le mouvement atypique à partir de la variation du mouvement typique.

1.8 Prise en charge

1.8.1 Prise en charge médicale

Différentes stratégies ont été élaborées afin de diminuer la prévalence de PC. [19]

- La prévention des événements indésirables pendant la grossesse, principalement des naissances prématurées : progestérone, cerclage (suture autour du col utérin permettant son soutien), pessaire (anneau ou disque dans le vagin permettant le soutien), aspirine et héparine de bas poids moléculaire ;
- Les administrations de traitement médical de soutien pendant le travail prématuré : sulfate de magnésium de bétaméthasone et corticoïdes ;
- Un traitement post-exposition pour réduire les lésions neurologiques : refroidissement pour l'asphyxie à la naissance, ou des traitements futurs comme les médicaments anti-inflammatoires pour soulager la neuro-inflammation.

¹⁶ <https://cnfs.ca/pathologies/paralysie-cerebrale>

Quelques interventions se sont montrées efficaces :

- Pour le contrôle de la **spasticité** : toxine botulique, diazépam, rhizotomie dorsale sélective ;
- Pour le contrôle des **contractures** : plâtre ou orthèse au niveau de la cheville ;
- Pour l'amélioration des **activités motrices** : thérapie par les mouvements induits par la contrainte (CIMT), thérapie axée sur la fonction, entraînement ciblé, ergothérapie post toxine botulique, entraînement bimanuel, programmes à domicile ;
- Pour l'amélioration de la **densité osseuse** : biphosphonates.

En revanche, certaines interventions se sont révélées inefficaces, voire **néfastes** : la thérapie crânio-sacrée, l'attelle de la hanche, l'oxygène hyperbare, et l'intégration sensorielle.

1.8.2 Prise en charge en masso-kinésithérapie

1.8.2.1 *Enquête ESPaCE (Enquête Nationale sur les Pratiques, les Besoins, la Satisfaction et les Priorités de Rééducation Motrice rapportés par les personnes atteintes de Paralyse Cérébrale et leur famille)¹⁷*

Une enquête a été réalisée en 2016 par La Fondation Motrice auprès d'enfants atteints de paralysie cérébrale ainsi que de leur famille, afin d'analyser leurs besoins et leurs priorités concernant leur rééducation motrice. Elle a été divisée en trois questionnaires adaptés à l'âge des enfants :

- Un questionnaire pour les 0 à 6 ans ¹⁸
- Un questionnaire pour les 7 à 11 ans¹⁹
- Un questionnaire pour les 12 à 17 ans :²⁰

Avec 1159 réponses, dont la moitié était des enfants entre 2 et 18 ans, pour la moitié d'entre eux marchants, les résultats sont les suivants :

- Les arrêts de rééducation sont principalement associés à l'absence de kiné ou structures adaptés aux besoins, à la **fatigue**, l'envie de faire une pause ou des plannings trop chargés ;
- Une difficulté à trouver des kinésithérapeutes formés à la PC et disponibles ;
- On retrouve une **lassitude** liée au programme de rééducation pour 30% des enfants.

Grâce à cette enquête, on s'est aperçu que les enfants rééduqués avaient des difficultés à suivre leur prise en charge en raison de la fatigue et de la lassitude de cette rééducation.

¹⁷ <https://www.fondationparalysiecerebrale.org/recherches-financees/espace-enquete-nationale-sur-les-soins-recus-besoins-percus-niveau-de>

¹⁸ <https://www.fondationparalysiecerebrale.org/sites/default/files/inline-files/CRF%20%20 VF enfant%200-6 20170222 R.pdf>

¹⁹ <https://www.fondationparalysiecerebrale.org/sites/default/files/inline-files/CRF%20%20 VF enfant%207-11 20170222 R.pdf>

²⁰ <https://www.fondationparalysiecerebrale.org/sites/default/files/inline-files/CRF%20%20 VF ado 20170222 R.pdf>

1.8.2.2 Rééducation kinésithérapique

Les lésions périnatales vont engendrer une **perte de la fonction**, et donc nuire à l'acquisition de futures étapes du développement de l'enfant. Afin de compenser ces lésions, la **plasticité cérébrale** va jouer un rôle primordial permettant un développement du cerveau lésé.

La rééducation a un rôle important dans cette phase : elle va permettre, par la répétition et l'intensité, l'ancrage des tâches effectuées.

Malheureusement, cette rééducation dure **plusieurs années** pour les enfants atteints de PC. Il est donc fondamental de disposer de plusieurs outils afin d'optimiser la prise en charge des patients, pour qu'elle soit spécifique, ludique et adaptée.

Il n'existe pas encore de consensus concernant les méthodes à utiliser en rééducation et en réadaptation chez les patients cérébro-lésés ; mais au vu de la multitude de traitements possibles et nécessaires, la HAS a établi des priorités (*tableau 1 des annexes*).

On voit donc clairement que les priorités de rééducation chez les enfants sont principalement : le renforcement musculaire, le réentraînement à l'effort, la marche, les orthèses anti-équin, l'entraînement intensif bimanuel incluant plus ou moins les membres inférieurs, l'activité physique et sportive, la balnéothérapie et l'éducation thérapeutique du patient.

Il est à noter que les techniques passives sont les plus associées à des **douleurs** importantes (41%) quel que soit l'âge et le statut moteur du patient.

Avant d'entreprendre la prise en charge, l'identification du type de paralysie cérébrale doit être établie car les traitements et résultats à long terme diffèrent. Par exemple les nourrissons atteints de paralysie cérébrale hémiplegique qui reçoivent une thérapie précoce par la contrainte induite du mouvement (CIMT) ont une meilleure fonction de la main à court terme et sensiblement à long terme[20].

La prise en charge doit être **pluridisciplinaire**, notamment tripartite entre le thérapeute l'enfant et les parents car le contexte environnemental est essentiel.

La littérature nous informe d'une lassitude importante (1 enfant sur 3) liée au programme de rééducation motrice²¹.

Il est donc important de proposer une rééducation fondée sur une **approche fonctionnelle orientée vers la tâche**, basée sur des exercices ludiques, des activités de la vie quotidienne et adaptée aux objectifs du patient [21].

Chez tous les types de PC, les améliorations sont plus importantes lorsque l'intervention a lieu à la maison parce que les enfants apprennent mieux dans des environnements connus du quotidien avec des exercices thérapeutiques adaptés pour leur plaisir [22].

Il serait donc intéressant de proposer un traitement **complémentaire** à la thérapie conventionnelle, **réalisable à la maison** et qui permettrait une prise en charge plus **ludique** pour les enfants.

²¹ <https://www.fondationparalysiecerebrale.org/recherches-financees/espace-enquete-nationale-sur-les-soins-recus-besoins-percus-niveau-de>

1.9 La réalité virtuelle

La réalité virtuelle (VR) est un domaine novateur et en développement rapide depuis une dizaine d'années[23] et fait donc l'objet d'un grand nombre d'études scientifiques.

La VR est décrite comme une expérience utilisateur-ordinateur, impliquant des **interactions réelles** d'un environnement ou d'un objet par le moyen de circuits sensoriels multiples (visuels et auditifs). Elle permet aux utilisateurs de s'immerger dans des environnements virtuels tridimensionnels synthétisés en temps réel par ordinateur. Cela donne l'impression d'être dans une situation réelle et de ressentir sa propre présence [24].

L'utilisation de la VR dans le domaine de la rééducation a augmenté au cours des deux dernières décennies en raison de sa capacité d'intervention et d'évaluation.

Elle enregistre simultanément les stimuli envoyés par le patient, ce qui permet d'avoir un **feedback visuel** des mouvements de l'utilisateur.

Cette technologie peut donc être assimilée à la boucle réflexe « perception-action-cognition » du système nerveux. On peut parler d'apprentissage moteur implicite : l'utilisateur agit intuitivement face à cet environnement artificiel qui imite des événements de la vie réelle.

La VR peut être utilisée sous forme d'expérience immersive ou non, cela dépend des interfaces choisies et des fonctions sensorielles du dispositif, elles peuvent être visuelle, auditive, ou haptique (sens du toucher).

Dans la réalité virtuelle non immersive, l'utilisateur est partiellement stimulé grâce à un écran, il peut prendre conscience de l'environnement qui l'entoure.

En revanche, dans la réalité virtuelle immersive, le matériel tels que les casques de VR et des dispositifs de détection de mouvement sont mis en place pour stimuler tous les sens de l'utilisateur ; l'immersion est totale.

Elle a montré des avantages dans la rééducation des pathologies neurologiques, au niveau de la **récupération motrice**[25] mais aussi dans l'amélioration des **fonctions psychologiques et cognitives**. Elle a également montré une **diminution des douleurs chroniques**[26] grâce à la distraction qu'elle offre lors de son utilisation.

La personnalisation des programmes (environnements proposés, difficulté...), le suivi des performances de séance en séance permet un degré élevé de contrôle sur cet outil thérapeutique. Elle a également l'avantage d'être, par l'intermédiaire du jeu, plus **ludique** ; ce qui permettrait d'améliorer la motivation et l'engagement du patient au cours de la prise en charge.

Cependant, à ce jour, la compréhension de la VR reste **incomplète** du fait de l'apparition relativement récente de cet outil ; notamment en ce qui concerne ses effets sur les membres inférieurs et ses avantages par rapport à la réadaptation traditionnelle.

1.10 Intérêts et hypothèses de la revue

La littérature actuelle mentionne l'arrivée de la réalité virtuelle dans la rééducation des enfants cérébro-lésés, et avance la possibilité de faire des recherches plus poussées sur ses effets.

Nous avons vu que la prise en charge pluridisciplinaire des enfants paralysés cérébraux englobe beaucoup de techniques de rééducation sur une période longue. Les retours de l'enquête ESPaCE vus précédemment nous ont montré qu'il était nécessaire d'axer nos soins sur une thérapie plus ludique car l'ennui est courant.

Notre hypothèse ici serait de penser que la **réalité virtuelle pourrait être un adjuvant à la rééducation kinésithérapique conventionnelle, permettant d'améliorer les fonctions motrices**, qui sont parmi les troubles les plus handicapants chez ces enfants, et par conséquent améliorer leur qualité de vie. La supposition n'est pas de remplacer la thérapie conventionnelle par la réalité virtuelle mais bien de l'intégrer à une séance de kinésithérapie afin de diminuer l'ennui et avoir une rééducation plus ludique.

Au niveau de la kinésithérapie, cela rajouterait une méthode à l'arsenal thérapeutique, afin de proposer une prise en charge spécifique et adaptée aux enfants paralysés cérébraux. Cela augmenterait également le temps de prise en charge grâce à des exercices en autonomie ou à la maison entre deux séances.

1.11 Objectifs de la revue de littérature

Cette revue a pour objectif d'étudier **l'efficacité de la réalité virtuelle dans la prise en charge des enfants atteints de paralysie cérébrale**.

Pour clarifier cet objectif, nous allons le décomposer selon le modèle PICO (Population – Intervention – Comparateur – Outcome) ²² :

- Population : enfants entre 3 et 18 ans atteints de paralysie cérébrale.
- Intervention : réalité virtuelle.
- Comparateur : rééducation conventionnelle VS. rééducation conventionnelle + réalité virtuelle
- Outcome (critère de jugement) : **efficacité** de l'intervention par différentes échelles mesurant les capacités motrices et cognitives.

²² <https://www.elsevier.com/fr-fr/connect/kine-osteo/evidence-based-practice-en-reeducation>

2 MÉTHODOLOGIE

2.1 Critères d'éligibilité des études pour cette revue

2.1.1 Schéma d'étude

Cette revue de littérature porte sur l'efficacité de la réalité virtuelle dans le traitement des enfants atteints de paralysie cérébrale. Il s'agit donc d'une **question thérapeutique** où l'on cherche à déterminer **l'efficacité** d'un traitement pour une pathologie et une population données.

Pour les questions thérapeutiques, le plan d'étude présentant le plus haut niveau de preuve est **l'essai contrôlé randomisé**²³.

Dans ce type d'étude, un échantillon de population est divisé en deux groupes par randomisation, c'est-à-dire par tirage au sort. Un des deux groupes reçoit le traitement expérimental tandis que l'autre reçoit un placebo ou le traitement de référence.

L'intérêt de ces études est de pouvoir mesurer la différence entre le placebo ou le traitement de référence et le traitement expérimental.

2.1.2 Population / pathologie

La population incluse pour réaliser cette étude regroupe les **enfants entre 3 et 18 ans diagnostiqués de paralysie cérébrale**, quel que soit son type.

Les patients souffrants d'une pathologie neurologique autre que la paralysie cérébrale, ou présentant une affection chronique pouvant entraver l'interprétation des résultats des études ne seront pas inclus.

2.1.3 Intervention

Les études sélectionnées utilisent la réalité virtuelle en complément d'une prise en charge de patients souffrants de paralysie cérébrale.

A propos du type de réalité virtuelle utilisé, nous avons fait le choix de n'inclure que les études concernant la Nintendo Wii et le système Kinect sur Xbox 360 ou ordinateur.

Ce choix a été fait afin d'obtenir des résultats potentiellement extrapolables à la réalité, pour une utilisation envisageable en centre, cabinet libéral, ou même à la maison.

La **Nintendo Wii** dispose d'une manette à détection de mouvements, pouvant être tenue à une ou deux mains. Elle détient des capteurs de mouvements dans l'espace qui sont alors retranscrits à l'écran.

²³ [https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2013-06/etat des lieux niveau preuve gradation.pdf](https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2013-06/etat_des_lieux_niveau_preuve_gradation.pdf)

Le **périphérique Kinect** (Microsoft), adaptable sur Xbox et ordinateur, permet de contrôler une interface sans l'utilisation de manette. Les capteurs permettent d'utiliser les mains, les pieds et la tête comme capteurs. Deux caméras permettent de délimiter la profondeur de champ de la pièce, et une caméra permet de filmer l'utilisateur, et ainsi le faire apparaître à l'écran.

2.1.4 Comparateur

Le comparateur sera la **rééducation conventionnelle**, c'est-à-dire une prise en charge kinésithérapique fonctionnelle et adaptée aux patients.

2.1.5 Critères de jugement

Le critère de jugement est **l'efficacité**, qui sera évaluée au travers de différentes échelles présentées par la suite.

2.1.5.1 *La batterie de tests "Dynamic Occupational Therapy Cognitive Assessment for Children" (DOTCA-Ch) (annexe 2)*

La DOTCA-Ch, adaptée de la batterie LOTCA (Loewenstein Occupational Therapy Cognitive Assessment), évalue la **performance cognitive** des enfants afin d'identifier leurs forces et faiblesses dans différents domaines ; ainsi que reconnaître les stratégies cognitives utilisées.

Cette batterie de tests dure 90 minutes et est adaptée pour les enfants de 6 à 12 ans [27].

Elle est composée de 5 domaines cognitifs englobant 22 items :

- Orientation temporelle et spatiale, notée de 1 à 16
- Perception spatiale notée de 1 à 12
 - o Perception de son propre corps notée de 0 à 4
 - o Relations spatiales entre l'enfant et des objets proches, notées de 0 à 4
 - o Relations spatiales sur une image, notées de 0 à 4
- Praxie notée de 1 à 44
 - o Imitation motrice notée de 0 à 24
 - o Utilisation d'objets notée de 0 à 10
 - o Actions symboliques notées de 0 à 10
- Construction visuo-motrice notée de 24 à 120
 - o Copie de formes géométriques notée de 4 à 20
 - o Modèle en deux dimensions noté de 4 à 20
 - o Construction sur un tableau à trous notée de 4 à 20
 - o Construction de blocs colorés notée de 4 à 20
 - o Construction de blocs unis notée de 4 à 20
 - o Puzzle noté de 2 à 10
 - o Dessin d'horloge noté de 2 à 10
- Opérations cognitives notées de 14 à 70

La **construction visuo-motrice** désigne l'ensemble des processus cérébraux permettant d'analyser, de comprendre et de se représenter l'espace ; elle évalue également les mémoires immédiate et différée. La **praxie** désigne l'adaptation des mouvements au but visé.

Un score total nul au sein d'un item est remplacé par 1 pour des raisons statistiques.

La fiabilité intra-évaluateur évaluée a été retrouvée à 0,84-0,86²⁴, la fiabilité inter-évaluateurs a été évaluée à 0,87-0,99 ; et la validité interne a été évaluée à 0,61-0,77 [28].

2.1.5.2 L'échelle Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency (BOTMP)²⁵ (annexe 3)

Cette échelle évalue les **capacités motrices fines et grossières** ; elle est adaptée aux patients entre 4 et 21 ans et comporte un score allant de 0 à 88 points.

Elle est composée de 8 tests[29] évaluant spécifiquement :

- La **vitesse et l'agilité de course** : course, saut unipodal ou bipodal, enjambement d'obstacles
- L'équilibre : debout, dynamique lors de la marche, et lors d'activités fonctionnelles. Il permet d'évaluer la stabilité du tronc, le contrôle postural statique et dynamique ainsi que l'utilisation de repères visuels.
- La **coordination bilatérale** : activités utilisant simultanément les membres supérieurs et inférieurs dans des tâches différentes.
- La **force** : permet d'évaluer la force du tronc, des membres supérieurs et inférieurs ; nécessaire à une fonction motrice adaptée aux activités de la vie quotidienne.
- La **coordination des membres supérieurs** : activités impliquant la coordination œil-main, comme lancer ou dribbler.
- La **précision de la motricité fine** : dessin, découpage et pliage de papier.
- **L'intégration de la motricité fine** : copie de formes géométriques de plus en plus complexes.
- La **dextérité manuelle** : activités orientées impliquant une coordination bimanuelle afin de manipuler des petits objets.

La fiabilité intra-évaluateur est de 0,69-0,83, la fiabilité inter-évaluateur est de 0,98, et la validité interne est de 0,82-0,86. Une validité interne élevée signifie que les items destinés à évaluer un concept génèrent des scores similaires.

²⁴ <https://www.sralab.org/rehabilitation-measures/dynamic-occupational-therapy-cognitive-assessment>

²⁵ http://www.rigalrobert.uqam.ca/Docs_KIN2200_PDF/BOT-2.pdf

2.1.5.3 La Functional Independence Measure for Children (WeeFIM)²⁶ (annexe 4)

L'échelle WeeFIM est une échelle évaluant les **incapacités** des enfants de 6 mois à 7 ans dans les **activités de la vie quotidienne**, mesurées par 6 tests regroupant 18 items :

- Les **soins personnels** : se nourrir, faire sa toilette, se laver, s'habiller le haut et le bas du corps.
- Le **contrôle sphinctérien** : usage des WC, vessie, intestins.
- Les **transferts** : au fauteuil, aux toilettes, à la douche.
- La **locomotion** : marche, rampe, fauteuil roulant, et escaliers.
- La **communication** : compréhension auditive et visuelle, expression verbale et non verbale.
- Les **activités cognitives à visée sociale** : interactions sociales, résolution de problèmes, mémoire.

Le score total varie de 18 à 126, chaque item étant coté de 1 à 7 en fonction de l'aide requise pour effectuer les tâches, 7 étant l'indépendance totale.

La fiabilité inter-évaluateurs a été retrouvée à 0,98 pour la partie motrice, et 0,93 pour la partie cognitive[30]. La fiabilité intra-évaluateurs a été évaluée à 0,98 et la validité interne a été évaluée à 0,93²⁷.

2.1.5.4 Coordination

La coordination étant le **ratio de temps** entre la cible et la réponse avec un score parfait de 1.

2.1.5.5 Force de préhension

La force de préhension a été évaluée par la **contraction isométrique maximale** avec le dynamomètre « PowerTrack II », et a été relevée en newtons.

2.1.5.6 Le nine-hole peg test²⁸

Le Nine-Hole Peg Test est un outil d'évaluation de la **fonction motrice fine** et de la **dextérité manuelle**. Le patient doit placer, à une main, 9 chevilles dans un cadre en bois contenant 9 trous. Le temps de réalisation est enregistré ; ou s'il dépasse 50 secondes, le nombre de chevilles en place est relevé. La fiabilité inter-évaluateurs a été évaluée à 0,85 et la fiabilité intra-évaluateurs à 0,68-0,99.

²⁶ <https://www.icare.nsw.gov.au/practitioners-and-providers/healthcare-and-service-providers/assessment-tools-and-resources#gref>

²⁷ <https://strokengine.ca/fr/assessments/mesure-de-lindependance-fonctionnelle-mif>

²⁸ <https://strokengine.ca/fr/assessments/nine-hole-peg-test-nhpt/>

2.1.5.7 *Jebsen-Taylor Test of Hand Function*[31]

Le Jebsen-Taylor Test of Hand Function évalue les **activités de la vie quotidienne** et la **fonction du membre supérieur**. Il contient 7 tests évaluant la main dominante et la main lésée :

- Écrire une courte phrase ;
- Retourner une carte ;
- Ramasser de petits objets communs ;
- Simuler l'alimentation ;
- Empiler des pions de dames ;
- Ramasser des grosses boîtes de conserve légères ;
- Ramasser des grosses boîtes de conserve lourdes.

Le score est le temps mis pour réaliser chaque test. La fiabilité inter-évaluateur est de 0,82-1,0 ; la fiabilité intra-évaluateur est de 0,84-0,85.

2.1.5.8 *Functional Use Survey (FUS) (annexe 5)*

Selon les données de l'article, la **perception de la fonction de la main par les soignants** a été mesurée à l'aide de la Functional Use Survey, notée de 0 à 65, 65 correspondant à la meilleure fonction de la main. Elle consiste en 13 tâches unimanuelles et bimanuelles, chacune étant évaluée sur une échelle de six points (0-5) séparément pour la quantité et la qualité de l'utilisation de la main.

La validité interne de l'étude a été retrouvée à 0,92-0,94, et la fiabilité intra-évaluateur a été retrouvée à 0,90-0,97.

2.1.5.9 *Paramètres de la marche*

Les **paramètres de la marche** ne disposent pas d'échelle spécifique, ce sont des données relevées grâce à un système d'évaluation de la marche par vidéo, ici « CLIMA ».

Nous pouvons noter que chez une personne ne présentant pas de pathologie, les valeurs dites « normales » de la marche sont²⁹ :

- 1,30 mètres pour la longueur de l'enjambée
- 0,65 mètre pour la longueur de pas
- 110 pas par minute pour la cadence
- Phase d'appui de 60% et phase d'oscillation de 40%

2.1.5.10 *L'échelle Abilhand (annexe 6)*

L'échelle Abilhand mesure la **capacité d'un individu à exécuter des tâches bimanuelles**, indépendamment des stratégies utilisées afin d'accomplir ladite tâche[32].

²⁹ https://www.chu-lyon.fr/sites/default/files/poster_aqm_les_normes_4_mouvement-et-handicap_hcl.pdf

Elle se compose de 23 tests en bimanuel :

- Enfoncer un clou ;
- Enfiler une aiguille ;
- Éplucher des pommes de terre avec un couteau ;
- Couper ses ongles ;
- Emballer des cadeaux ;
- Limer ses ongles ;
- Couper de la viande ;
- Éplucher des oignons ;
- Décortiquer des noisettes ;
- Dévisser le couvercle d'un pot ;
- Enclencher la fermeture éclair d'un blouson ;
- Ouvrir un paquet de chips ;
- Boutonner sa chemise ;
- Tailler un crayon ;
- Étaler du beurre sur une tranche de pain ;
- Fermer un bouton à pression ;
- Boutonner un pantalon ;
- Dévisser le bouchon d'une bouteille ;
- Ouvrir une enveloppe ;
- Presser un tube de dentifrice, étaler le dentifrice sur une brosse à dents ;
- Remonter la fermeture éclair d'un pantalon ;
- Déballer une barre de chocolat ;
- Se laver les mains.

La notation se fait de 0 à 2 avec 0 = impossible 1 = difficile et 2 = facile, soit un score total sur 46 points.

La fiabilité intra-évaluateur est de 0,85 et la validité interne est de 0,90.³⁰

2.1.5.11 L'échelle Peabody Developmental Scale-2³¹ (annexe 7)

L'échelle Peabody Developmental Scale-2 évalue chez les enfants de 0 à 5 ans les **fonctions motrices fines et globales** selon 6 sous-tests, chacun noté de 0 à 2 :

- Réflexes ;
- Équilibre ;
- Locomotion ;
- Manipulation des objets ;
- Prises et pinces ;
- Intégration visuo-motrice.

³⁰ <https://www.sralab.org/rehabilitation-measures/abilhand>

³¹ [https://www.physio-pedia.com/Peabody_Developmental_Motor_Scale_\(PDMS-2\)](https://www.physio-pedia.com/Peabody_Developmental_Motor_Scale_(PDMS-2))

Dans notre étude, seuls les items « intégration visuo motrice » et « manipulation d'objets » sont présents.

L'**intégration visuo-motrice** est notée de 0 à 18 et comprend : construction de pyramide, utiliser des ciseaux, enfiler des perles, plier du papier, copier une forme, lacer des ficelles, tracer des lignes, relier des points et colorier.

La **manipulation d'objets** est notée de 0 à 6 et comprend : la manipulation, le lancer et le rattrapage d'une balle.

La validité interne a été retrouvée à 0,89-0,98, la fiabilité intra-évaluateur à 0,82-0,96 et la fiabilité inter-évaluateurs à 0,96-0,99³².

2.1.6 Critères d'exclusion

Nous avons choisi d'exclure les articles comportant :

- Une échelle PEDro (*annexe 1*) d'analyse d'article ayant un score **≤4**,
- Un échantillon de population comportant **10 patients ou moins**, une taille d'échantillon peu importante ne permet pas de répondre à la question posée
- Une intervention qui n'est **pas** la **Wii** ou la **Kinect**

2.2 Stratégie de recherche

2.2.1 Sources documentaires

Pour répondre à notre question de recherche, nous avons investigué les bases de données **PubMed**³³, **Cochrane**³⁴ et **Pedro**³⁵ conformément aux lignes directrices PRISMA[33] entre septembre 2021 et janvier 2022. Les autres documents utiles tels que les recommandations d'experts ou revues d'articles ont été récoltés sur ces mêmes bases de données.

2.2.2 Équation de recherche

Afin de clarifier la recherche, nous avons utilisé le modèle **PICO**³⁶ (population – intervention – comparateur – outcome) pour décomposer notre question de recherche :

	Mots-clefs et synonymes
Population	Children Cerebral palsy
Intervention	Virtual reality / Serious games
Outcome	Efficacy / efficiency / effectiveness / effect

³² http://www.portailenfance.ca/wp/wp-content/uploads/2015/11/PDMS-2_VG.pdf

³³ <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov>

³⁴ <https://www.cochranelibrary.com>

³⁵ <https://pedro.org.au>

³⁶ <https://www.elsevier.com/fr-fr/connect/kine-osteo/evidence-based-practice-en-reeducation>

Nous avons utilisé deux indicateurs Booléens pour construire l'équation de recherche :

- « OR » (« ou » en français) permet de relier les mots-clefs à leurs synonymes, il permet d'être le plus exhaustif possible.
- « AND » (« et » en français) permet d'associer les mots-clefs de population, intervention et outcome entre eux.

Notre équation de recherche est donc :

(children) AND (cerebral palsy) AND ((virtual reality) OR (serious games)) AND ((efficacy) OR (efficiency) OR (effectiveness) OR (effect))

2.3 Méthode d'extraction et d'analyse des données

2.3.1 Méthode de sélection des études

En premier lieu, il faudra insérer notre équation de recherche dans les différentes bases de données. Ces dernières n'acceptant pas les mêmes types d'équations, nous allons la modifier afin qu'elle rentre dans les critères.

Base de données	Équation de recherche
PubMed	(children) AND (cerebral palsy) AND ((virtual reality) OR (serious games)) AND ((efficacy) OR (efficiency) OR (effectiveness) OR (effect)) + filtres "clinical trial" et "randomized clinical trial"
Cochrane	(children) AND (cerebral palsy) AND ((virtual reality) OR (serious games)) AND ((efficacy) OR (efficiency) OR (effectiveness) OR (effect)) + filtre "trial"
Pedro	Titre : cerebral palsy and virtual reality Sous-discipline : neurology Méthode : clinical trial

Dans un premier temps, les articles seront sélectionnés en fonction de leur **titre**, on vérifiera la présence des termes de recherche.

Dans un deuxième temps, les **doublons** d'articles seront éliminés.

Par la suite, une nouvelle exclusion se fera via la lecture des **abstracts** (ou résumés) ; cela nous permettra également de survoler l'étude concernant ses caractéristiques, les personnes incluses et une partie des résultats.

La sélection finale se fera par **lecture complète** des articles, associée à l'utilisation d'une grille de lecture permettant d'évaluer la qualité des articles présélectionnés.

2.3.2 Évaluation de la qualité méthodologique des études sélectionnées

L'évaluation de la qualité méthodologique est par définition « la probabilité que la méthodologie de l'essai clinique génère des résultats non biaisés, suffisamment précis et permettant une reproduction dans la pratique clinique » [34].

Elle permet de voir si l'article dispose d'une validité externe, c'est-à-dire si ses résultats sont extrapolables à la population ; et une validité interne permettant d'évaluer la fiabilité ou certitude des résultats.

Dans cette revue systématique, nous utiliserons des **essais cliniques randomisés** qui sont considérés comme le plus haut niveau de preuve pour les études thérapeutiques (*figure 2*).

NIVEAU DE PREUVE SCIENTIFIQUE FOURNI PAR LA LITTÉRATURE	GRADE DES RECOMMANDATIONS
Niveau 1 - Essais comparatifs randomisés de forte puissance - Méta-analyse d'essais comparatifs randomisés - Analyse de décision basée sur des études bien menées	A Preuve scientifique établie
Niveau 2 - Essais comparatifs randomisés de faible puissance - Études comparatives non randomisées bien menées - Études de cohorte	B Présomption scientifique
Niveau 3 - Études cas-témoin Niveau 4 - Études comparatives comportant des biais importants - Études rétrospectives - Séries de cas - Études épidémiologiques descriptives (transversale, longitudinale)	C Faible niveau de preuve scientifique

Système GRADE selon la HAS

Les biais les plus fréquents sont le **non-aveugle** ou le **biais d'allocation**. Ce biais apparaît lorsque l'investigateur a connaissance de l'intervention reçue par le patient et que cela influence sur son approche, ou lorsque la randomisation (répartition aléatoire) n'a pas été faite correctement, ou encore lorsque les échantillons sont trop petits.

Cela rend les groupes d'intervention et de contrôle non comparables, et entraîne une estimation erronée de la taille de l'effet [35].

Pour cela, nous utiliserons la **PEDro Scale**³⁷ (*annexe 1*), notamment sa version franco-canadienne [36].

2.3.3 Extraction des données

Pour analyser les études sélectionnées, nous allons extraire pour chacune : le titre, les échantillons de population et leurs caractéristiques, l'intervention reçue, le comparateur, les critères de jugement, et la durée de l'étude. Nous regrouperons ces données sous forme de tableau afin que ce soit le plus clair possible.

³⁷ <https://academic.oup.com/ptj/article/83/8/713/2805287>

Pour l'analyse des résultats nous allons extraire les données de chaque étude afin d'interpréter l'efficacité de l'intervention sur chacun des critères présentés.

Le but sera d'étudier les **différences intergroupes** (expérimental et contrôle) de chaque critère de jugement, et ce grâce à l'extraction des données statistiques.

2.3.4 Méthode de synthèse des résultats

Nous analyserons les données de chaque étude de façon **qualitative**. En effet, l'outcome « efficacité » recherché nous oblige à inclure des études hétérogènes ; il n'est donc pas possible de faire de méta-analyse.

Notre analyse sera donc **narrative**, les résultats seront présentés sous forme de tableau afin d'avoir une vision d'ensemble, claire et concise.

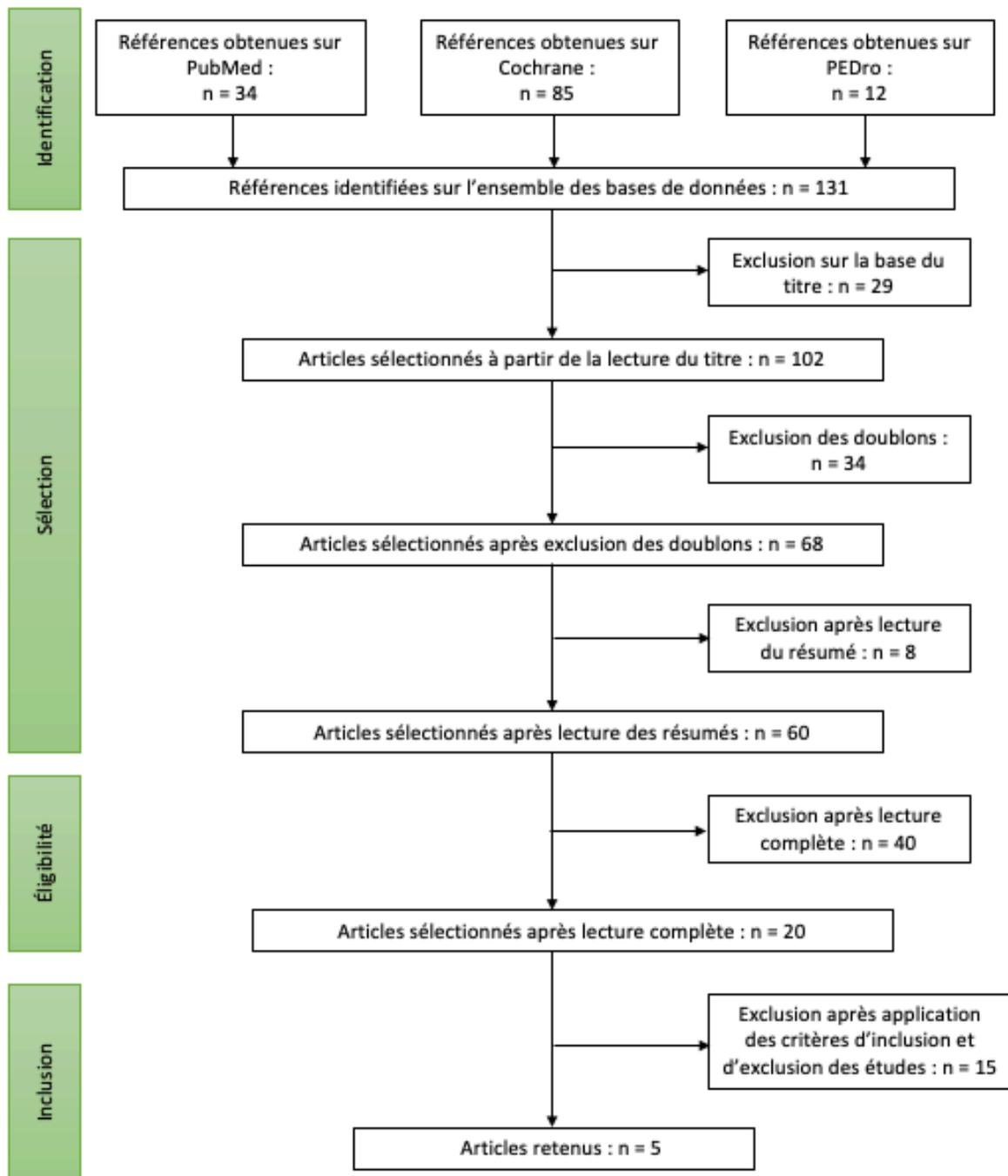
Chaque article sera étudié selon une méthodologie précise pour ne pas oublier d'élément. Les données suivantes seront extraites des études sélectionnées :

- Le schéma d'étude ;
- La population étudiée, la taille de l'effectif ;
- Les critères d'éligibilité et de non-inclusion ;
- L'intervention ;
- Le comparateur ;
- Le protocole et son application ;
- Les critères de jugement (outcome) ;
- La validité interne par l'échelle PEDro, et les biais retrouvés ;
- Les principaux résultats avec analyse statistique de certains résultats en fonction des données chiffrées transmises par les auteurs : taille de l'effet, valeur de p, analyse inter et intra-groupe, intervalle de confiance à 95%.

3 RÉSULTATS

3.1 Description des études

3.1.1 Diagramme de flux



3.1.2 Études exclues

3.1.2.1 *Après lecture du résumé*

Les études exclues après lecture du résumé sont au nombre de **8** et sont répertoriées dans le **tableau 2 des annexes**.

3.1.2.2 *Après lecture complète de l'article*

Les études exclues après lecture complète sont au nombre de **40** et sont répertoriées dans le **tableau 3 des annexes**.

3.1.2.3 *Après application des critères d'inclusion et d'exclusion*

Les critères d'exclusion des articles étant :

- Échelle PEDro (*annexe 1*) d'analyse d'article ayant un score **≤4**
- Études comportant **10 patients ou moins**, une taille d'échantillon peu importante ne permet pas de répondre à la question posée
- Études n'utilisant **pas la Wii** ou la **Kinect**

Les études exclues d'après le score sur l'échelle PEDRo sont au nombre de **9** et sont répertoriées dans le **tableau 4 des annexes**.

Exclusion des études comportant 10 patients ou moins (2) :

- « Effects of Kinect Video Game Training on Lower Extremity Motor Function, Balance, and Gait in Adolescents with Spastic Diplegia Cerebral Palsy: A Pilot Randomized Controlled Trial » *Jung S., Song S., Lee D., Lee K., Lee G.* (2021). Cette étude comporte **10** patients.
- “Efeito da intervenção com videogame ativo sobre o autoconceito, equilíbrio, desempenho motor e sucesso adaptativo de crianças com paralisia cerebral: estudo preliminar » *Arnoni J., Verdério B., Pinto A., Rocha N.* (2018). Cette étude comporte **8** patients.

Exclusion des études n'utilisant pas la Wii ou la Kinect (4) :

- « Virtual reality rehabilitation in children with brain injury: a randomized controlled trial » *Choi J., Yi S., Ao L., Tang X., Xu X., Shim D., Yoo B., Park E., Rha D.* (2021).
L'outil de réalité virtuelle utilisé ici est le « **RAPAE Smart Kids** »
- « Leap Motion Controller–based training for upper extremity rehabilitation in children and adolescents with physical disabilities: A randomized controlled trial » *Tarakci E., Arman N., Tarakci D., Kasapcopur O.* (2020). L'outil de réalité virtuelle utilisé ici est le « **Fizyosoft** ».
- « The effect of virtual reality therapy on psychological adaptation in children with cerebral palsy. » *Ökmen B., Aslan M., Çetin F., Yüzer G., Dönmez B., Özgirgin N.* (2013).
L'outil de réalité virtuelle utilisé ici est la « **PlayStation Eyetoy System** ».
- « Effect of virtual reality therapy on functional development in children with cerebral palsy : A single-blind, prospective, randomized-controlled study » *Ökmen B., Aslan M., Nakipoğlu Yüzer G., Özgirgin N.* (2019).
L'outil de réalité virtuelle utilisé ici est la « **PlayStation Eyetoy System** ».

3.1.3 Description des études incluses

Suite au processus de sélection des articles, les études retenues sont au nombre de **5** :

- “Effectiveness of the virtual reality on cognitive function of children with hemiplegic cerebral palsy: A single-blind randomized controlled trial” *Aran O., Şahin S., Köse B., Ağce Z., Kaylhan H.* (2020)[37]
- “The Effects of Virtual Reality on Motor Functions and Daily Life Activities in Unilateral Spastic Cerebral Palsy: A Single-Blind Randomized Controlled Trial” *Aahin S., Köse B., Aran O., Bahadlr Ağce Z., Kaylhan H.* (2020) [38]
- “Upper limb training using Wii Sports Resort™ for children with hemiplegic cerebral palsy: A randomized, single-blind trial” *Chiu H., Ada L., Lee H.* (2014) [39]
- “Wii Sport versus task-oriented training on gait in unilateral cerebral palsy: A randomized controlled trial” *Abo-Zaid N., Helmy N., Elsayed N., Mohammed A.* (2021)[40]
- “Impact of virtual reality games as an adjunct treatment tool on upper extremity function of spastic hemiplegic children” *Bedair R., Al-Talawy H., Shoukry K., Abdul-Raouf E.* (2016)[41]

Les caractéristiques de chaque étude sont détaillées dans le **tableau 5 des annexes**.

3.2 Risques de biais des études incluses

3.2.1 Grille utilisée

L'**échelle PEDro** a été créée en 1998 par Verhaegen et al.

C'est une échelle à 11 items conçue pour évaluer la qualité méthodologique des essais cliniques randomisés. Le premier item évalue la validité externe et n'est pas compris dans le score total. Les items 2 à 11 évaluent la validité interne et la fiabilité des résultats.

L'échelle PEDro permet de répertorier différents biais, notamment :

- Les **biais de sélection** (items 2,3 et 4) qui peuvent apparaître lors de l'échantillonnage (répartition non aléatoire, groupes trop hétérogènes entre eux)
- Les **biais d'évaluation** (items 5,6 et 7), si la mise en aveugle des patients et des thérapeutes n'est pas respectée.
- Les **biais de suivi** (item 8) dans le cas où le nombre des perdus de vue est trop important.
- Les **biais d'attrition** (item 9), si tous les patients n'ont pas reçu le traitement ou que les résultats n'ont pas été analysés en intention de traiter.

Dans notre étude, il n'est pas possible d'avoir la catégorie « sujets et thérapeutes en aveugle », en effet on ne pourra pas ignorer la différence entre une séance de thérapie conventionnelle kinésithérapique et une séance de réalité virtuelle.

3.2.2 Synthèse des biais retrouvés

ARTICLES	Échelle PEDro											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total
<i>Aran et al. (2020)</i> [37]	X	X	X	X			X	X	X	X	X	8/10
<i>Aahin et al. (2020)</i> [38]	X	X	X	X			X	X	X	X	X	8/10
<i>Chiu et al. (2014)</i> [39]	X	X		X			X	X	X	X	X	7/10
<i>Abo-Zaid et al. (2021)</i> [40]	X	X		X				X		X	X	5/10
<i>Bedair et al. (2016)</i> [41]	X	X	X	X				X	X	X	X	7/10

Les items validés sont représentés par une croix dans les cases correspondantes.

Toutes les études sélectionnées ont une bonne validité externe (item 1) ; les items 10 et 11 évaluent la quantité d'informations statistiques, permettant l'interprétation des résultats.

Les principaux biais de nos études seront donc des biais de validité interne.

3.2.2.1 Biais de sélection

Les **biais de sélection** concernent les items 2, 3 et 4 ; se rapportant respectivement à la répartition aléatoire (randomisation), l'assignation secrète et la similarité des groupes au début de l'étude.

Deux de nos études présentent un biais de sélection : *Chiu et al. (2014)* [39] et *Abo-Zaid et al. (2021)* [40]. Elles n'ont pas effectué d'assignation secrète suite à la randomisation des participants, c'est-à-dire la mise en aveugle de la personne sélectionnant les patients en fonction des critères d'éligibilité.

3.2.2.2 Biais d'évaluation

Les **biais d'évaluation** concernent les items 5, 6 et 7 respectivement la mise en aveugle des sujets, des thérapeutes et des examinateurs.

Aucune de nos études ne valide les critères 5 et 6 étant donné qu'il est impossible de faire abstraction de l'intervention reçue, que ce soit pour les thérapeutes ou les sujets.

En ce qui concerne le critère 7, deux études ne remplissent pas ce critère concernant la mise en aveugle des examinateurs : *Abo-Zaid et al. (2021)*[40], et *Bedair et al. (2016)*[41].

3.2.2.3 Biais de suivi

Le **biais de suivi** concerne l'item 8, c'est-à-dire l'obtention de mesures d'au moins 85% des sujets initialement inclus dans l'étude. Toutes les études incluses ont validé ce critère.

3.2.2.4 Biais d'attribution

Le **biais d'attribution** concerne l'item 9, c'est-à-dire l'obtention des résultats pour tous les sujets inclus, même pour ceux n'ayant pas été jusqu'au bout de l'étude.

Une étude ne remplit pas ce critère : *Abo-Zaid et al. (2021)*[40]. En effet, les 9 patients perdus de vue n'ont pas eu leurs résultats analysés.

3.3 Efficacité de l'intervention

Le but de cette revue est d'évaluer l'efficacité de la thérapie par réalité virtuelle chez des enfants paralysés cérébraux. Nous avons choisi d'intégrer les articles comparant la **thérapie conventionnelle accompagnée de réalité virtuelle** à la **thérapie conventionnelle seule**.

Étant donné notre critère de recherche, les critères de jugement diffèrent en fonction des articles. Les résultats sont donc séparés et détaillés article par article.

Nous avons effectué une analyse intergroupe pour chaque critère de jugement donné. Cela nous permet d'obtenir la **taille de l'effet** ainsi que son **intervalle de confiance**, nous offrant ainsi une estimation de l'effet du traitement reçu.

Cette valeur se calcule par la différence des moyennes post-traitement de chaque groupe ; un résultat positif signifiant que l'effet est majoré dans le groupe expérimental (utilisant la réalité virtuelle) par rapport au groupe contrôle.

Afin de pouvoir interpréter la taille de l'effet, il nous est nécessaire de relever la valeur de la zone d'incertitude, autrement dit la « **p value** ».

Lorsque $p < 0,05$, cela signifie qu'il y a moins de 5% de chances que l'effet soit dû au hasard, on considère donc la différence observée entre les groupes comme significative.

Inversement lorsque $p > 0,05$, l'effet aura plus de 5% de chances d'être dû au hasard, nous ne pourrions donc pas affirmer que le traitement est efficace ou non.

L'**intervalle de confiance à 95% (IC)** a également été calculé pour chaque critère de jugement en post-traitement. C'est un indicateur permettant de délimiter la zone d'incertitude sur l'échantillon d'une population donnée ; il permet, lorsqu'il est significatif, d'extrapoler un résultat à une population plus large.

En effet, plus ses bornes sont rapprochées, plus l'estimation de la taille de l'effet est significative.

Le paramètre étant la médiane de l'intervalle de confiance, plus celui-ci s'éloigne de 0, plus l'estimation de la taille de l'effet est importante. De même que si les bornes de l'intervalle de confiance croisent la valeur nulle, les résultats ne seront pas interprétables car l'effet du traitement est considéré comme potentiellement nul.

Par ailleurs, lorsque les moyennes pré-intervention ne sont pas similaires, nous avons calculé la **taille d'effet par la différence des changements pré-post traitements** via le calcul :

(moyenne post-traitement groupe expérimental – moyenne post-traitement groupe contrôle) –
(moyenne pré-traitement groupe expérimental – moyenne pré-traitement groupe contrôle).

Cela nous permet de tenir compte des différences au point de départ, et ainsi d'avoir un résultat en termes d'évolution sans être biaisé par l'hétérogénéité initiale des groupes.

Lorsque cela a été possible, nous avons recherché les **MCID** (Minimal Clinically Important Difference) correspondant aux valeurs minimales attendues afin de pouvoir conclure à un changement significatif du résultat.

Elles permettent, face à un résultat statistiquement significatif, d'affirmer si ce dernier est cliniquement significatif. Si la MCID n'est pas retrouvée, nous nous efforcerons d'interpréter les résultats du mieux possible, sans pour autant indiquer leur significativité clinique.

Il n'a pas été retrouvé de score minimal cliniquement significatif (MCID) pour l'échelle DOTCA-Ch.

Pour l'échelle BOTMP ont été retrouvées pour chacun des tests les MCID suivantes³⁸ :

- Vitesse et agilité de course : 0,59 ;
- Équilibre : 0,57 ;
- Coordination bilatérale : 1,11 ;
- Force : 1,73 ;
- Coordination des membres supérieurs 1,61 ;
- Précision de la motricité fine : 0,72 ;
- Intégration de la motricité fine : 0,88 ;
- Dextérité manuelle : 1,47.

Pour l'échelle WeeFIM, les MCID ont été évaluées à 2,82 pour le score total, 2,64 pour les soins personnels, 2,13 pour le contrôle sphinctérien, 1,83 pour les transferts, 2,09 pour la locomotion, 2,29 pour la communication et 2,84 pour les activités cognitives à visée sociale [42][43].

La MCID de la force de préhension d'enfants paralysés cérébraux entre 7 et 12 ans est un changement de 19,5% [44]. Celle du Nine-hole peg test a été évaluée chez des patients paralysés cérébraux à 4sec pour le membre non lésé et 12sec pour le membre lésé [45].

La MCID du Jebsen-Taylor Test of hand function, est de 54,7 secondes pour le membre le plus lésé, et 20,9 secondes pour le membre sain. La MCID de la Functionel Use Survey n'a pas été retrouvée dans la littérature.

N'ayant pas retrouvé de MCID pour les paramètres de la marche chez les enfants, nous avons décidé de prendre ceux utilisés pour la marche des personnes âgées[46], afin d'avoir une idée de ce qui peut être considéré comme une amélioration. Les différents MCID sont donc :

- 0,25 cm pour la longueur du pas ;
- 0,5 cm pour la longueur d'enjambée ;
- 0,2-0,3% pour la cadence ;
- Les MCID des phases d'oscillation et d'appui n'ont pas été retrouvées en pourcentages, mais seulement en unités de temps, ce qui n'est pas interprétable dans notre cas.

La MCID de l'échelle Abilhand est de 0,26³⁹, et celle de l'échelle Peabody Developmental scale-2 est de 8,39⁴⁰, mais nous n'avons pas retrouvé de MCID pour les sous-tests.

³⁸ <https://www.sralab.org/rehabilitation-measures/bruininks-oseretsky-test-motor-proficiency-second-edition>

³⁹ <https://www.sralab.org/rehabilitation-measures/abilhand>

⁴⁰ <https://www.sralab.org/rehabilitation-measures/peabody-developmental-motor-scales-second-edition>

Globalement, nous avons pu voir que l'intervention de réalité virtuelle était efficace concernant différents domaines évalués chez les enfants paralysés cérébraux, notamment sur les fonctions motrices, l'indépendance sur les tâches de la vie quotidienne et sur les paramètres de la marche.

Il nous est cependant compliqué de transposer ces données à la population car, en plus des résultats souvent imprécis, les groupes initiaux sont difficilement comparables entre eux. Les résultats et calculs aboutissant à cette conclusion sont détaillés par la suite.

3.3.1 Aran et al. (2020)[37]

Les résultats et calculs sont présentés dans le **tableau 6 des annexes**.

Dans cette étude, l'orientation, la perception spatiale, la praxie, la construction visuo-motrice, les opérations cognitives ont été évaluées avec **l'échelle DOTCA-Ch**.

Pour l'orientation et les opérations cognitives, la valeur du $p < 0,05$, ces résultats sont considérés comme significatifs, avec une probabilité inférieure à 5% qu'ils soient dus au hasard.

Pour la perception spatiale, la praxie et la construction visuo-motrice, la valeur du $p < 0,01$, nous indiquant que nos résultats sont significatifs et qu'il y a moins de 1% de chances que les effets des traitements reçus ne soient dus au hasard.

Les tailles d'effets intergroupes pondérées de leurs IC à 95% sont respectivement de :

- 0,76 [- 0,38 ; + 1,90] en faveur du groupe expérimental pour **l'orientation**, soit 83,3% de valeurs positives ;
- 0,58 [- 0,42 ; + 1,58] en faveur du groupe expérimental pour la **perception spatiale**, soit 79% de valeurs positives ;
- 1,1 [+ 0,45 ; + 1,75] en faveur du groupe expérimental pour la **praxie** ;
- 2,48 [- 1,03 ; + 5,99] en faveur du groupe expérimental pour la **construction visuo-motrice**, soit 85,3% de valeurs positives ;
- 0,41 [- 3,06 ; + 3,88] en faveur du groupe expérimental pour les **opérations cognitives**, soit 55,9% de valeurs positives.

Les IC à 95% de l'orientation et la perception spatiale présentent des bornes peu éloignées qui croisent la valeur nulle.

l'IC à 95% de la praxie présente des bornes réduites positives.

Les IC à 95% de la construction visuo-motrice et des opérations cognitives présentent des bornes larges qui croisent la valeur nulle.

Selon ses valeurs extrêmes, l'IC montre que l'intervention « réalité virtuelle » peut entraîner, par rapport à l'intervention « thérapie conventionnelle » :

- diminuer de 0,38 points l'orientation, tout comme la faire augmenter de 1,90 points ;
- diminuer de 0,42 points la perception spatiale, tout comme la faire augmenter de 1,58 points ;
- augmenter de 0,45 à 1,75 points la praxie ;
- diminuer de 1,03 points la construction visuo-motrice spatiale, tout comme la faire augmenter de 5,99 points ;
- diminuer de 3,06 points les opérations cognitives, tout comme les faire augmenter de 3,88 points.

Les tailles d'effets par la différence des changements pré-post groupe ont été calculées et s'élèvent à :

- **0,04** pour l'orientation : les deux groupes ont eu des évolutions similaires, le résultat est trop proche de 0 pour affirmer une évolution plus importante pour le groupe expérimental ;
- **0,76** pour la perception spatiale : les deux groupes ont évolué favorablement, avec une amélioration plus importante du groupe expérimental ;
- **0,92** pour la praxie : les deux groupes ont évolué favorablement, avec une amélioration plus importante du groupe expérimental ;
- **2,3** pour la construction visuo-motrice : les deux groupes ont évolué favorablement, avec une amélioration nettement plus importante du groupe expérimental ;
- **0,23** pour les opérations cognitives : les deux groupes ont évolué de façon similaire, avec une amélioration légèrement importante du groupe expérimental.

3.3.2 *Aahin et al. (2020)* [38]

Les résultats et calculs sont présentés dans le **tableau 7 des annexes**.

Dans cette étude, **l'échelle BOTMP** a été utilisée afin de mesurer la vitesse et agilité de course, l'équilibre, la coordination bilatérale, la force, la coordination des membres supérieurs, la précision de la motricité fine, l'intégration de la motricité fine et la dextérité manuelle.

Pour l'équilibre, la valeur du $p < 0,05$, ces résultats sont considérés comme significatifs, avec une probabilité inférieure à 5% qu'ils soient dus au hasard.

Pour le score total, la vitesse et l'agilité de course, l'équilibre, la force, et les scores totaux de fonctions motrices fine et globale, la valeur du $p < 0,01$, nous indiquant que nos résultats sont significatifs et qu'il y a moins de 1% de chances que les effets des traitements reçus ne soient dus au hasard.

Les tailles d'effets intergroupes pondérées de leurs IC à 95% sont respectivement de :

- 24,86 [+ 10,64 ; + 39,08] en faveur du groupe expérimental pour le **score total** de l'échelle BOTMP ;
- 1,33 [- 1,13 ; + 3,79] en faveur du groupe expérimental pour la **vitesse et l'agilité de course**, avec 77% de valeurs positives ;
- -0,13 [- 1,74 ; + 1,48] en faveur du groupe contrôle pour **l'équilibre**, avec 54% de valeurs négatives ;
- 1 [- 0,17 ; + 2,17] en faveur du groupe expérimental pour la **force**, avec 92,7% de valeurs positives ;
- 11,77 [+ 5,11 ; + 18,43] en faveur du groupe expérimental pour le **score total de fonction motrice globale** ;
- 12,33 [+ 3,66 ; + 21,00] en faveur du groupe expérimental pour le **score total de fonction motrice fine**.

L'IC à 95% du score total de l'échelle BOTMP présente des bornes larges uniquement positives.

Les IC à 95% de la vitesse et l'agilité de course, ainsi que de la force présentent des bornes réduites comprenant la valeur nulle.

L'IC à 95% de l'équilibre présente des bornes étroites qui comprennent la valeur nulle.

Les IC à 95% des scores totaux de fonctions motrices globale et fine présentent tous deux des bornes larges positives.

Selon ses valeurs extrêmes, l'IC montre que l'intervention « réalité virtuelle » peut entraîner, par rapport à l'intervention « thérapie conventionnelle » :

- augmenter de 10,64 à 39,08 points le score total de l'échelle BOTMP ;
- diminuer la vitesse et l'agilité de course de 1,13 points ou l'augmenter de 3,79 points ;
- diminuer l'équilibre de 1,74 points ou l'augmenter de 1,48 points ;
- diminuer la force de 0,17 points ou l'augmenter de 2,17 points ;
- augmenter le score total de la fonction motrice globale de 5,11 à 18,43 points ;
- augmenter le score total de la fonction motrice fine de 3,66 à 21 points.

Les tailles d'effets par la différence des changements pré-post groupe ont été calculées et s'élèvent à :

- **25,76** pour le score total de l'échelle BOTMP, signifiant que le groupe expérimental a eu une évolution beaucoup plus importante que le groupe contrôle ;
- **1,29** pour la vitesse de course et l'agilité : le groupe expérimental a eu une évolution plus importante que le groupe contrôle ;
- **0,01** pour l'équilibre signifiant que les deux groupes ont évolué favorablement de manière similaire ;
- **1,1** pour la force : le groupe expérimental a eu une évolution plus importante que le groupe contrôle ;
- **12,07** pour la fonction motrice globale : le groupe expérimental a eu une évolution beaucoup plus importante que le groupe contrôle ;
- **12,77** pour la fonction motrice fine : le groupe expérimental a eu une évolution beaucoup plus importante que le groupe contrôle.

Concernant la coordination bilatérale, la coordination des membres supérieurs, la précision de la motricité fine, l'intégration de la motricité fine et la dextérité manuelle ; nous retrouvons des valeurs de $p > 0,05$, traduisant des résultats **non significatifs**, car potentiellement dus au hasard.

Les tailles d'effet pondérées de leurs IC à 95% sont respectivement de :

- -0,6 [- 1,79 ; + 0,59] en faveur du groupe contrôle pour la **coordination bilatérale**, soit 75,2% de valeurs négatives ;
- 0,56 [- 0,59 ; + 1,71] en faveur du groupe expérimental pour la **coordination des membres supérieurs**, soit 74,3% de valeurs positives ;
- 0,64 [- 2,09 ; + 3,37] en faveur du groupe expérimental pour la **précision de la fonction motrice fine**, soit 61,7% de valeurs positives ;
- -1,73 [- 5,55 ; + 2,09] en faveur du groupe contrôle pour **l'intégration de la motricité fine**, soit 72,6% de valeurs négatives ;
- 0 [- 1,15 ; + 1,15] pour la **dextérité manuelle**, soit autant de valeurs positives que négatives.

Ces IC à 95% présentent des bornes étroites comprenant la valeur nulle, et leurs valeurs extrêmes permettent de déterminer que l'intervention « réalité virtuelle » peut entraîner par rapport à l'intervention « thérapie conventionnelle » :

- Une diminution de 1,79 points ou une augmentation de 0,59 points pour la coordination bilatérale ;
- Une diminution de 0,59 points ou une augmentation de 1,71 points pour la coordination des membres supérieurs ;
- Une diminution de 2,09 points ou une augmentation de 3,37 points pour la précision de la fonction motrice fine ;
- Une diminution de 5,55 points ou une augmentation de 2,09 points pour l'intégration de la motricité fine ;
- Une diminution ou une augmentation de 1,15 points pour la dextérité manuelle.

Les tailles d'effets par la différence des changements pré-post groupe ont été calculées et s'élèvent à :

- **-0,5** pour la coordination bilatérale ;
- **0,72** pour la coordination des membres supérieurs ;
- **0,61** pour la précision de la fonction motrice fine ;
- **-1,4** pour l'intégration de la motricité fine ;
- **0,13** pour la dextérité manuelle.

On a donc une meilleure évolution du groupe contrôle concernant la coordination bilatérale et l'intégration de la motricité fine ; et une meilleure évolution du groupe expérimental concernant la coordination des membres supérieurs, la précision de la fonction motrice fine, et la dextérité manuelle.

L'échelle WeeFIM a également été utilisée dans cette étude, afin de mesurer l'incapacité dans les soins personnels, le contrôle sphinctérien, la mobilité, la locomotion, la communication et les activités cognitives à visée sociale.

Pour le score total, les soins de toilette, la mobilité, la locomotion et les activités cognitives, avec une valeur de $p < 0,05$, ces résultats sont considérés comme significatifs, avec une probabilité de 95% qu'ils ne soient pas dus au hasard.

Les tailles d'effets intergroupes pondérées de leurs IC à 95% sont respectivement de :

- 8,26 [+ 2,03 ; + 14,49] en faveur du groupe expérimental pour le **score total** ;
- 3,6 [+ 0,49 ; + 6,71] en faveur du groupe expérimental pour les **soins de toilette** ;
- 0,47 [- 1,40 ; + 2,34] en faveur du groupe expérimental pour la **mobilité**, soit 62,6% de valeurs positives ;
- 1,26 [- 0,50 ; + 3,02] en faveur du groupe expérimental pour la **locomotion** soit 85,8% de valeurs positives ;
- 0,94 [- 0,72 ; + 2,60] en faveur du groupe expérimental pour les **activités cognitives à visée sociale** soit 78,3% de valeurs positives.

Les IC à 95% du score total et des soins de toilette sont tous deux à larges bornes positives ; alors que les IC à 95% de la mobilité, la locomotion et les activités cognitives à visée sociale ont des bornes étroites comprenant la valeur nulle.

Les valeurs extrêmes des IC 95% permettent de déterminer que l'intervention « réalité virtuelle » peut entraîner, par rapport à l'intervention « thérapie conventionnelle » :

- Une augmentation de 2,03 points à 14,49 points pour le score total ;
- Une augmentation de 0,49 points à 6,71 points pour les soins de toilette ;
- Une diminution de 1,40 points ou une augmentation de 2,34 points pour la mobilité ;
- Une diminution de 0,50 points ou une augmentation de 3,02 points pour la locomotion ;
- Une diminution de 0,72 points ou une augmentation de 2,60 points pour les activités cognitives à visée sociale.

Les tailles d'effets par la différence des changements pré-post groupe ont été calculées et s'élèvent à :

- **7,76** pour le score total : l'évolution est beaucoup plus importante pour le groupe expérimental ;
- **3,5** pour les soins de toilette : l'évolution est plus importante pour le groupe expérimental ;
- **0,14** pour la mobilité : les deux groupes ont eu des évolutions quasiment similaires, avec une évolution faiblement supérieure pour le groupe expérimental ;
- **1,01** pour la locomotion : l'évolution est légèrement plus importante pour le groupe expérimental ;
- **0,9** pour les activités cognitives à visée sociale : l'évolution est légèrement plus importante pour le groupe expérimental.

Concernant le contrôle sphinctérien et la communication, avec une valeur de $p > 0,05$, ces résultats sont considérés comme **non significatifs**, avec une probabilité qu'ils soient dus au hasard de 75% pour le contrôle sphinctérien, et 28% pour la communication.

Les tailles d'effets intergroupes pondérées de leurs IC à 95% sont respectivement de :

- 0,34 [- 0,03 ; + 0,71] pour le **contrôle sphinctérien**, soit 95,9% de valeurs positives ;
- 1 [- 0,19 ; + 2,19] pour la **communication**, soit 92% de valeurs positives.

les IC à 95% du contrôle sphinctérien et de la communication ont des bornes étroites comprenant la valeur nulle.

Les valeurs extrêmes des IC à 95% permettent de déterminer que l'intervention « réalité virtuelle » peut entraîner, par rapport à l'intervention « thérapie conventionnelle » :

- Une diminution de 0,03 points ou une augmentation de 0,71 points pour le contrôle sphinctérien ;
- Une diminution de 0,19 points ou une augmentation de 2,19 points pour la communication.

Les tailles d'effets par la différence des changements pré-post groupe ont été calculées et s'élèvent à 0 pour le contrôle des sphincters, et 0,94 pour la communication. L'évolution est donc similaire entre les deux groupes pour le contrôle sphinctérien, et légèrement plus importante pour le groupe expérimental concernant la communication.

3.3.3 *Chiu et al. (2014)* [39]

Les résultats et calculs sont présentés dans le **tableau 8 des annexes**.

La valeur de « p » > 0,05 nous indique des résultats **non significatifs**, avec plus de 5% de chances que l'effet ne soit pas dû au hasard.

L'analyse des valeurs des différentes échelles a permis d'établir les valeurs des tailles d'effets intergroupes pondérées de leurs IC à 95% :

- 0 [- 0,11 ; + 0,11] à la semaine 6 et 0,01 [- 0,10 ; + 0,12] à la semaine 12 pour la **coordination de l'épaule**, soit respectivement 50% et 54,5% de l'IC en faveur du groupe expérimental ;
- 0,01 [- 0,08 ; + 0,10] à la semaine 6 et 0,02 [- 0,07 ; + 0,11] à la semaine 12 pour la **coordination des doigts**, soit respectivement 55,5% et 61,1% de l'IC en faveur du groupe expérimental ;
- 1,4 [- 9,91 ; + 12,71] à la semaine 6 et 0,3 [- 11,62 ; + 12,22] à la semaine 12 pour la **force de préhension**, soit respectivement 56,2% et 51,3% de l'IC en faveur du groupe expérimental ;
- -0,03 [- 0,08 ; + 0,02] à la semaine 6 et -0,02 [- 0,08 ; + 0,04] à la semaine 12 pour le **Nine-hole Peg Test**, soit respectivement 80% et 66,6% de l'IC en faveur du groupe contrôle ;
- -0,01 [- 0,11 ; + 0,09] à la semaine 6 et -0,03 [- 0,14 ; + 0,08] à la semaine 12 pour le **Jebsen-Taylor Test of Hand Function**, soit respectivement 55% et 63,6% de l'IC en faveur du groupe contrôle ;
- 0,1 [- 7,56 ; + 7,76] à la semaine 6 et 1,8 [- 6,52 ; + 10,12] à la semaine 12 pour la **perception des soignants de la fonction de la main au niveau quantitatif**, soit respectivement 50,6% et 60,8% de l'IC en faveur du groupe expérimental ;
- -0,5 [- 9,15 ; + 8,15] à la semaine 6 et -0,5 [- 7,91 ; + 6,91] à la semaine 12 pour la **perception des soignants de la fonction de la main au niveau qualitatif**, soit respectivement 52,9% et 53,4% de l'IC en faveur du groupe contrôle.

Les IC à 95% de la force de préhension, de la perception des soignants de la fonction de la main au niveau quantitatif et de la perception des soignants de la fonction de la main au niveau qualitatif sont à bornes larges.

Les IC à 95% de la coordination de l'épaule, la coordination des doigts, du Nine-hole Peg Test et du Jebsen-Taylor Test of Hand Function ont des bornes étroites.

Tous ces IC comprennent la valeur nulle.

Les valeurs extrêmes des IC 95% permettent de déterminer que l'intervention « réalité virtuelle » peut entraîner, par rapport à l'intervention « thérapie conventionnelle » :

- Pour la coordination de l'épaule : une diminution de 0,11 points ou une augmentation de 0,11 points à la semaine 6 ; et une diminution de 0,10 points ou une augmentation de 0,12 points à la semaine 12 ;
- Pour la coordination des doigts : une diminution de 0,08 points ou une augmentation de 0,10 points à la semaine 6 ; et une diminution de 0,07 points ou une augmentation de 0,11 points à la semaine 12 ;
- Pour la force de préhension : une diminution de 9,91 points ou une augmentation de 12,71 points à la semaine 6 ; et une diminution de 11,62 points ou une augmentation de 12,22 points à la semaine 12 ;

- Pour le Nine-hole Peg Test : une diminution de 0,08 points ou une augmentation de 0,02 points à la semaine 6 ; et une diminution de 0,08 points ou une augmentation de 0,04 points à la semaine 12 ;
- Pour le Jebsen-Taylor Test of Hand Function : une diminution de 0,11 points ou une augmentation de 0,09 points à la semaine 6 ; et une diminution de 0,14 points ou une augmentation de 0,08 points à la semaine 12 ;
- Pour la perception des soignants de la fonction de la main au niveau quantitatif : une diminution de 7,56 points ou une augmentation de 7,76 points à la semaine 6 ; et une diminution de 6,52 points ou une augmentation de 10,12 points à la semaine 12 ;
- Pour la perception des soignants de la fonction de la main au niveau qualitatif : une diminution de 9,15 points ou une augmentation de 8,15 points à la semaine 6 ; et une diminution de 7,91 points ou une augmentation de 6,91 points à la semaine 12.

Les tailles d'effets par la différence des changements pré-post groupe ont été calculées et s'élevèrent à :

- Pour la coordination de l'épaule : **0,04** à la semaine 6 et **0,01** à la semaine 12, les deux groupes ont donc évolué de façon similaire ;
- Pour la coordination des doigts : **-0,01** à la semaine 6 et **0,01** à la semaine 12, les deux groupes ont donc évolué de façon similaire ;
- Pour la force de préhension : **3,9** à la semaine 6 et **-1,1** à la semaine 12, l'évolution était donc plus favorable au groupe expérimental les 6 premières semaines, puis elle a été plus importante dans le groupe contrôle ;
- Pour le Nine-hole Peg Test : **-0,01** à la semaine 6 et **0,01** à la semaine 12, les deux groupes ont donc évolué de façon similaire ;
- Pour le Jebsen-Taylor Test of Hand Function : **0** à la semaine 6 et **-0,02** à la semaine 12, les deux groupes ont donc évolué de façon similaire ;
- Pour la perception des soignants de la fonction de la main au niveau quantitatif : **6** à la semaine 6 et **1,7** à la semaine 12 : l'évolution était donc considérablement plus favorable au groupe expérimental les 6 premières semaines, puis elle s'est stabilisée à 12 semaines tout en restant plus importante que l'évolution du groupe contrôle ;
- Pour la perception des soignants de la fonction de la main au niveau qualitatif : **4,1** à la semaine 6 et **0** à la semaine 12 : l'évolution était plus favorable au groupe expérimental à la semaine 6, puis elle s'est stabilisée et les deux groupes ont présenté une évolution similaire à la semaine 12.

3.3.4 Abo-Zaid et al. (2021)[40]

Les résultats et calculs sont présentés dans le **tableau 9 des annexes**.

Dans cette étude, les **paramètres de la marche** ont été évalués via le système de vidéo « *CLIMA* ». Cette étude compare la réalité virtuelle à la thérapie conventionnelle, et la réalité virtuelle à la TOT.

Concernant la comparaison thérapie conventionnelle vs réalité virtuelle :

Avec une valeur de $p < 0,05$, ces résultats sont considérés comme significatifs, avec une probabilité de 95% qu'ils ne soient pas dus au hasard.

Les tailles d'effets intergroupes pondérées de leurs IC à 95% sont respectivement de :

- - 0,95 [- 1,85 ; - 0,05] pour la **phase oscillante**, on recherche diminution de celle-ci, les résultats sont donc en faveur groupe expérimental ;
- 0,95 [+ 0,05 ; + 1,85] en faveur du groupe expérimental pour la **phase d'appui** ;
- 0,04 [+ 0,02 ; + 0,06] en faveur du groupe expérimental pour la **longueur de foulée** ;
- 0,02 [+ 0,01 ; + 0,03] en faveur du groupe expérimental pour la **longueur du pas** ;
- 2,73 [+ 0,47 ; + 4,99] en faveur du groupe expérimental pour la **cadence**.

Les IC à 95% de la longueur de foulée et la longueur du pas sont à bornes étroites positives ; les IC à 95% de la phase d'appui et de la cadence ont des bornes larges positives.

Seul l'IC à 95% de la phase oscillante est à bornes larges négatives.

Les valeurs extrêmes des IC 95% permettent de déterminer que l'intervention « réalité virtuelle » peut entraîner, comparativement au groupe de thérapie conventionnelle :

- Une diminution de 0,05 points à 1,85 points pour la phase oscillante ;
- Une augmentation de 0,05 points à 1,85 points pour la phase d'appui ;
- Une augmentation de 0,02 points à 0,06 points pour la longueur de foulée ;
- Une augmentation de 0,01 points à 0,03 points pour la longueur du pas ;
- Une augmentation de 0,47 points à 4,99 points pour la cadence.

Les tailles d'effets par la différence des changements pré-post groupe ont été calculées et s'élèvent à :

- **-0,65** pour la phase oscillante : le groupe expérimental a donc vu une diminution de la phase oscillante plus importante que le groupe contrôle ;
- **0,65** pour la phase d'appui : l'évolution est plus importante pour le groupe expérimental ;
- **0,06** pour la longueur de foulée : les deux groupes ont eu des évolutions quasiment similaires, avec une évolution faiblement supérieure pour le groupe expérimental ;
- **0,028** pour la longueur du pas : les deux groupes ont eu des évolutions similaires, le résultat est trop proche de 0 pour affirmer une évolution plus importante pour le groupe expérimental ;
- **1,54** pour la cadence : l'évolution est plus importante pour le groupe expérimental.

Concernant la comparaison TOT vs réalité virtuelle :

Avec une valeur de $p < 0,05$, ces résultats sont considérés comme significatifs, avec une probabilité de 95% qu'ils ne soient pas dus au hasard.

Les tailles d'effets intergroupes pondérées de leurs IC à 95% sont respectivement de :

- 2,03 [+ 1,35 ; + 2,71] pour la **phase oscillante**, on recherche diminution de celle-ci, les résultats sont donc en faveur groupe TOT ;
- - 2,04 [- 2,72 ; - 1,36] en faveur du groupe TOT pour la **phase d'appui** ;
- - 0,03 [- 0,05 ; - 0,01] en faveur du groupe TOT pour la **longueur de foulée** ;
- - 0,018 [- 0,03 ; - 0,01] en faveur du groupe TOT pour la **longueur du pas** ;
- - 4,02 [- 6,27 ; - 1,77] en faveur du groupe TOT pour la **cadence**.

Les IC à 95% de la longueur de foulée et la longueur du pas sont à bornes étroites négatives ; les IC à 95% de la phase d'appui et de la cadence ont des bornes larges négatives.

Seul l'IC à 95% de la phase oscillante est à bornes étroites positives.

Les valeurs extrêmes des IC 95% permettent de déterminer que l'intervention « TOT » peut entraîner par rapport au groupe « réalité virtuelle » :

- Une diminution de 1,35 points à 2,71 points pour la phase oscillante ;
- Une augmentation de 1,36 points à 2,72 points pour la phase d'appui ;
- Une augmentation de 0,01 points à 0,05 points pour la longueur de foulée ;
- Une augmentation de 0,01 points à 0,03 points pour la longueur du pas ;
- Une augmentation de 1,77 points à 6,27 points pour la cadence.

Les tailles d'effets par la différence des changements pré-post groupe ont été calculées et s'élèvent à :

- **1,77** pour la phase oscillante : le groupe TOT a donc vu une diminution de la phase oscillante plus importante que le groupe expérimental ;
- **-1,78** pour la phase d'appui : l'évolution est plus importante pour le groupe TOT ;
- **-0,03** pour la longueur de foulée : les deux groupes ont eu des évolutions quasiment similaires, avec une évolution faiblement supérieure pour le groupe TOT ;
- **-0,016** pour la longueur du pas : les deux groupes ont eu des évolutions similaires, le résultat est trop proche de 0 pour affirmer une évolution plus importante pour le groupe TOT ;
- **-3,14** pour la cadence : l'évolution est plus importante pour le groupe TOT.

3.3.5 *Bedair et al. (2016)*[41]

Les résultats et calculs sont présentés dans le *tableau 10 des annexes*.

Dans cette étude, les échelles **Abilhand** et **Peabody Developmental scale-2** ont été utilisées.

Avec une valeur de $p < 0,05$, ces résultats sont considérés comme significatifs, avec une probabilité de 95% qu'ils ne soient pas dus au hasard.

Les tailles d'effets intergroupes pondérées de leurs IC à 95% sont respectivement de :

- 0,896 [+ 0,25 ; + 1,54] en faveur du groupe expérimental pour **l'échelle Abilhand** ;
- 18,7 [+ 8,35 ; + 29,05] en faveur du groupe expérimental pour **l'intégration visuo-motrice** de l'échelle Peabody Developmental scale-2 ;
- 4,95 [+ 0,47 ; + 9,43] en faveur du groupe expérimental pour la **manipulation d'objets** de l'échelle Peabody Developmental scale-2.

L'IC à 95% de l'échelle Abilhand est à bornes étroites positives ; et les IC à 95% de l'intégration visuo-motrice et de la manipulation d'objets de l'échelle Peabody Developmental scale-2 ont des bornes larges positives.

Les valeurs extrêmes des IC 95% permettent de déterminer que l'intervention « réalité virtuelle » peut entraîner par rapport au groupe « thérapie conventionnelle » :

- Une augmentation de 0,25 points à 1,54 points pour l'échelle Abilhand ;
- Une augmentation de 8,35 points à 29,05 points pour l'intégration visuo-motrice de l'échelle Peabody Developmental scale-2 ;
- Une augmentation de 0,47 points à 9,43 points pour la manipulation d'objets de l'échelle Peabody Developmental scale-2.

Les tailles d'effets par la différence des changements pré-post groupe ont été calculées et s'élèvent à :

- **1,039** pour l'échelle Abilhand : l'évolution est plus favorable au groupe expérimental ;
- **9,3** pour l'intégration visuo-motrice de l'échelle Peabody Developmental scale-2 : l'évolution est beaucoup plus importante pour le groupe expérimental ;
- **2,1** pour la manipulation d'objets de l'échelle Peabody Developmental scale-2 : l'évolution est plus importante pour le groupe expérimental.

4 DISCUSSION

L'objectif de notre étude était d'évaluer l'efficacité de la thérapie par réalité virtuelle chez les enfants paralysés-cérébraux. Nos recherches ont permis d'admettre son efficacité sur différents paramètres tels que les **fonctions motrices fine et globale, l'indépendance dans les activités de la vie quotidienne** et la **qualité de la marche**. Ces résultats sont à pondérer en fonction des différents biais retrouvés et de l'hétérogénéité des études incluses.

4.1 Analyse des principaux résultats

4.1.1 Analyse de la population

Au total, 307 enfants ont participé à ces essais cliniques randomisés.

Les cinq études présentent des enfants de moins de 16 ans atteints de paralysie cérébrale spastique hémiplégique ; avec des capacités cognitives suffisantes pour suivre des instructions verbales.

Cependant, les nombreux critères d'inclusion et d'exclusion propres à chaque étude ne permettent pas d'affirmer que nous avons une population homogène.

En effet, la **tranche d'âge** varie entre 7 à 12 ans pour Aran I. et al.[37], de 7 à 16 ans pour Aahin S. et al.[38], de 6 à 13 ans pour Chiu H., et al.[39], de 8 à 12 ans pour Abo-Zaid N. et al.[40], et de 5 à 10 ans pour Bedair R. et al.[41]

Aran I. et al.[37], Abo-Zaid N. et al.[40] et Bedair R. et al.[41] ont inclus des enfants avec un **score GMFCS** de I et II ; Aahin S. et al.[38] a inclus des enfants avec un score GMFCS de I, II et III ; et Chiu H., et al.[39] a inclus des enfants avec un score GMFCS de I à V.

Une inclusion basée sur le **score MACS** a également été établie pour Aran I. et al.[37] avec un score de I à III, et pour Aahin S. et al.[38] avec un score de I à II.

De plus, la totalité des études a inclus des patients présentant une **paralysie cérébrale spastique hémiplégique**, nous ne pouvons donc pas extrapoler les résultats à tous les types de PC.

Abo-Zaid N. et al.[40] et Bedair R. et al.[41] ont inclus des enfants avec une **spasticité** légère à modérée sur l'échelle d'Ashworth modifiée, contrairement aux autres études qui n'ont rien spécifié concernant la spasticité.

Concernant les critères d'exclusion, 4 études sur 5 ont exclu les enfants ayant subi une **chirurgie orthopédique**, dans les 6 derniers mois pour Aran I. et al.[37] et Aahin S. et al.[38] et dans l'année passée pour Abo-Zaid N. et al.[40] et Bedair R. et al.[41]. Les deux premiers ont également exclu une injection de **toxine botulique** de moins de 6 mois.

Une autre similarité a été retrouvée par l'exclusion des enfants diagnostiqués de **troubles cognitif ou visuel** pouvant interférer avec l'étude, dans les essais cliniques de Aran I. et al.[37], Chiu H., et al.[39], Abo-Zaid N. et al.[40] et Bedair R. et al.[41] (ici en fonction du quotient intellectuel également).

Seuls Aran I. et al.[37] et Aahin S. et al.[38] ont jugé pertinent d'exclure les patients participant simultanément à un autre essai clinique.

L'étude de Abo-Zaid N. et al.[40] a rajouté des critères d'exclusions tels qu'un antécédent de crise d'épilepsie, une déformation orthopédique interférant avec la marche, et un état de santé instable ; critères que l'on ne retrouve pas dans les autres études.

Au final, nous nous retrouvons avec des échantillons de population avec des âges, des stades et types de paralysie cérébrale ainsi que des antécédents hétérogènes.

Notre analyse globale des effets de l'intervention sur cette population ne nous permet donc pas de pouvoir extrapoler à la population entière des enfants paralysés cérébraux.

4.1.2 Analyse des interventions

Nous avons choisi de sélectionner uniquement les études portant sur l'utilisation de la Nintendo Wii et la Kinect, afin d'avoir des résultats plus spécifiques et potentiellement transposables en pratique.

Aran I. et al.[37], Aahin S. et al.[38] et Bedair R. et al.[41] ont utilisé le **système Kinect**, alors que Chiu H., et al.[39] et Abo-Zaid N. et al.[40] ont utilisé la **Nintendo Wii**.

Les tailles des groupes expérimentaux et contrôles étaient similaires entre chaque étude : entre 20 et 45 patients par groupe.

4 études sur 5 ont comparé un groupe contrôle utilisant uniquement de la thérapie conventionnelle, à un groupe expérimental utilisant cette dernière additionnée à de la réalité virtuelle.

Seule l'étude d'Abo-Zaid N. et al.[40] a comparé 3 groupes entre eux : un groupe contrôle de thérapie neuro-développementale (NDT), un groupe de NDT et de réalité virtuelle, et un groupe de NDT et de thérapie conventionnelle orientée sur les tâches.

Les principales différences des interventions se trouvaient au niveau de la **durée** des études et de la fréquence des séances de rééducation.

En effet, Aran I. et al.[37] et Aahin S. et al.[38] ont réalisé les séances 2 jours par semaine pendant respectivement 10 et 8 semaines. Chiu H., et al.[39], Abo-Zaid N. et al.[40] et Bedair R. et al.[41] ont réalisé les séances 3 jours par semaine, pendant 6 semaines pour le premier, et 4 mois pour les deux autres. L'étude de Chiu H., et al.[39] a également poursuivi un suivi de 6 semaines après la fin de l'étude.

De plus, **aucun protocole spécifique** n'a été suivi, chaque étude a des séances organisées différemment, avec des jeux et des durées hétéroclites.

Le point positif est donc que nous avons plusieurs cas de figure, avec des potentiels effets à court et à moyen terme.

Au niveau de la durée des séances, cela varie entre 40 minutes pour Chiu H., et al.[39], 45 minutes pour Aran I. et al.[37] et Aahin S. et al.[38] et 1 heure pour Zaid N. et al.[40]. L'étude de Bedair R. et al.[41] a proposé des séances plus longues pour le groupe expérimental (1 heure 30) que pour le groupe contrôle (1 heure).

Concernant les interventions, les études ont eu des différences concernant les durées et les protocoles de séance. Cela était attendu car, comme mentionné dans l'introduction, qu'aucun consensus n'a encore été établi sur les protocoles de rééducation virtuelle combinée à des séances de kinésithérapie conventionnelle.

4.1.3 Analyse des résultats

Afin de pouvoir interpréter les résultats, les **valeurs de « p »** ont été relevées, nous avons calculé les tailles d'effets et leurs intervalles de confiance.

Avec 0,05 comme seuil de signification arbitraire de p ; nous avons considéré les résultats avec un $p > 0,05$ comme non statistiquement significatifs, ils ne seront donc pas analysés. En effet, un $p > 0,05$ ne nous permettrait pas de conclure à une différence entre les deux traitements dû à la probabilité de plus de 5% que cette différence soit due au hasard. Cela ne signifie pas qu'il n'y a pas de différences entre les deux traitements mais que l'existence de la différence n'a pas pu être prouvée ; une conclusion ne peut pas être faite sur cette incertitude.

La **taille de l'effet** illustre le degré de présence d'un phénomène dans la population. Plus elle s'éloigne de 0, en positif ou en négatif, plus le traitement fonctionne.

Elle est calculée par la différence des moyennes post-traitement entre le groupe expérimental et le groupe contrôle.

L'intervalle de confiance, quant à lui, a été calculé via un tableur Excel en remplissant les moyennes post-traitements des deux groupes, leurs écart-types ainsi que la taille de la population incluse dans chacun des groupes.

Il doit être le plus étroit possible afin d'avoir une estimation de la réalité du résultat, dans le but d'être transposable à la population.

Au vu de **l'hétérogénéité** des études et de leurs critères de jugement, il nous est impossible de pouvoir les comparer. Nous allons donc présenter les résultats de chacune d'entre elles séparément.

4.1.3.1 *Aran I. et al.*[37]

Pour la première étude, l'échelle DOTCA-Ch a servi à prendre les mesures de **l'orientation, la perception spatiale, la praxie, la construction visuo-motrice et les opérations cognitives.**

Les résultats de cette étude sont statistiquement significatifs, avec un $p < 0,05$ pour l'orientation et les opérations cognitives, et un $p < 0,01$ pour la perception spatiale, la praxie et la construction visuo-motrice. Tous les résultats sont présents dans le *tableau 6*.

Concernant l'orientation, les résultats tendent en faveur du groupe expérimental avec une taille d'effet à 0,76 [- 0,38 ; + 1,90], soit 0,76 points sur 16 pour le groupe de réalité virtuelle par rapport au groupe de thérapie conventionnelle. L'intervalle de confiance présente des bornes peu éloignées croisant la valeur nulle, avec 83,3% de valeurs positives.

Concernant la perception spatiale, les résultats sont semblables à ceux de l'orientation : ils tendent en faveur du groupe expérimental avec une taille d'effet à 0,58 [- 0,42 ; + 1,58], soit 0,58 points sur 12 de plus pour le groupe de réalité virtuelle que pour le groupe contrôle. L'intervalle de confiance présente des bornes peu éloignées comprenant la valeur nulle, avec 79% de valeurs positives.

Pour ces deux tests de la DOTCA-Ch, il existe donc un effet statistiquement significatif, connu avec précision grâce aux bornes étroites de l'intervalle de confiance à 95%. On ne peut pas exclure que la vraie valeur soit l'effet nul, voire une diminution des scores de l'orientation et de la perception spatiale. Cela ne nous autorise pas à conclure sur une inefficacité du traitement car la prédominance de valeurs positives de l'IC renforce la possibilité de l'existence de son effet.

Concernant la praxie, nous avons retrouvé des résultats significatifs avec une taille d'effet de 1,1 [+ 0,45 ; + 1,75] en faveur du groupe expérimental. L'intervalle de confiance présente des bornes étroites qui ne passent pas par la valeur nulle et il ne comprend pas de valeurs négatives.

Même si la taille de l'effet n'est pas très importante, l'intervention peut être cliniquement intéressante car l'effet restera au minimum une augmentation de 0,45 points.

Le calcul de la *taille d'effet par la différence des moyennes post-pré traitement* présente une valeur de 0,92, signifiant que l'intervention fait gagner en moyenne 0,92 points sur 44 au groupe expérimental comparativement au groupe contrôle.

Concernant la construction visuo-motrice, les résultats ont montré une taille d'effet de 2,48 [- 1,03 ; + 5,99], et la *taille d'effet par la différence des moyennes post-pré traitement* a été calculée à 2,3 signifiant que le groupe expérimental a gagné 2,3 points sur 120 de plus que le groupe contrôle.

Étant données les bornes larges de l'IC, comprenant la valeur nulle, l'effet réel sur une population globale est difficilement prévisible. Il est en effet possible d'avoir une diminution de 1,03 points, comme d'avoir une augmentation de quasiment 6 points. Cependant, il présente 85,3% de valeurs positives, nous ne pouvons donc pas exclure que le traitement soit potentiellement efficace.

Concernant les opérations cognitives, nous avons calculé une taille d'effet à 0,41 [- 3,06 ; + 3,88] en faveur du groupe expérimental. La *taille d'effet par la différence des moyennes post-pré traitement* a été calculée à 0,23. Les deux groupes ont donc eu une évolution positive similaire avec un très léger avantage pour le groupe de réalité virtuelle de 0,23 points sur 70.

Avec ses 56,1% de valeurs positives et ses bornes larges, l'IC ne nous autorise pas à conclure à l'absence d'efficacité, mais il reste probable qu'il ne soit d'aucune utilité en pratique. Il est en effet compliqué d'extrapoler ces résultats à la population, avec une possibilité de perdre 3,06 points ou d'en gagner 3,88.

En conclusion pour cette étude, nous avons des résultats encourageants concernant les effets potentiels de la réalité virtuelle pour cet échantillon de population.

L'intervention a révélé une évolution plus importante concernant tous les paramètres pour le groupe expérimental, établie par les tailles d'effet des différences de changements pré-post-traitement. N'ayant pas pu retrouver de MCID dans la littérature, il nous est impossible d'attester de la significativité clinique de ces résultats.

Néanmoins, hormis pour la praxie, les intervalles de confiance comprennent la valeur 0, nous ne pouvons donc pas affirmer les effets positifs qu'aurait la réalité virtuelle sur une population plus proche de la réalité.

Malgré des résultats significatifs ($p < 0,05$), les données sont trop peu précises et les tailles d'effet trop petites ; le traitement pourrait donc être potentiellement efficace, mais encourage à faire un essai de plus grande puissance.

4.1.3.2 Ahin S. et al. [38]

Pour la deuxième étude, l'échelle **Bruininks Oseretsky Test of Motor Proficiency (BOTMP)** a servi à évaluer les capacités fines et grossières grâce aux mesures de la vitesse et l'agilité de course, l'équilibre, la coordination bilatérale, la force, la coordination des membres supérieurs, la précision et l'intégration de la motricité fine, ainsi que la dextérité manuelle. Tous les résultats sont présents dans le *tableau 7*.

Les résultats de cette étude ne sont pas tous significatifs, on retrouve un $p > 0,05$ pour la coordination bilatérale, la coordination des membres supérieurs, la précision et l'intégration de la motricité fine, ainsi que la dextérité manuelle. Nous ne pouvons donc pas interpréter ces résultats car il y a plus de 5% de chances qu'ils soient dus au hasard.

Les autres tests ont un $p < 0,05$ et sont donc considérés comme significatifs.

Concernant le score total de l'échelle, nous avons calculé une taille d'effet de 24,86 [+ 10,64 ; + 39,08] en faveur du groupe expérimental ; la *taille d'effet par la différence des moyennes post-pré traitement* a été calculée à 25,76 signifiant que le groupe expérimental a gagné 25,76 points sur 88 de plus que le groupe contrôle.

Les bornes de l'intervalle sont larges, mais la valeur minimale de ce dernier (10,64) reste supérieure à la MCID (*Minimal Clinically Important Difference*) de 6,53 points établie pour ce test. L'évolution la moins importante possible resterait donc une augmentation de 10,64 points. Malgré des bornes éloignées ne permettant pas de savoir avec précision quel serait l'effet réel potentiel sur une population globale, le traitement semble donc pertinent afin d'améliorer le score total de l'échelle BOTMP.

Concernant la vitesse et l'agilité de course, la taille d'effet est de 1,33 [- 1,13 ; + 3,79], avec un IC comprenant 77% de valeurs positives. Il est à noter que la *taille d'effet par la différence des moyennes post-pré traitement* a été calculée à 1,29, le groupe expérimental a donc gagné 1,29 points sur 10 de plus que le groupe contrôle.

Pour la force, la taille d'effet a été calculée à 1 [- 0,17 ; + 2,17], l'IC englobant 92,7% de valeurs positives. La *taille d'effet par la différence des moyennes post-pré traitement* est de 1,1 ; le groupe expérimental a donc eu en moyenne 1,1 point de plus sur 10 que le groupe contrôle.

L'intervention peut faire perdre 1,13 points comme en faire gagner 3,79 pour la vitesse et l'agilité de course ; et peut en faire perdre 0,17 comme en faire gagner 2,17 pour la force. Pour ces deux mesures,

les bornes des IC sont assez larges et passent par la valeur nulle, rendant difficile l'interprétation réelle des tailles de l'effet. Cependant, la majorité de valeurs positives nous empêche d'exclure la probabilité d'effets bénéfiques.

Concernant l'équilibre, nous avons calculé la taille d'effet à -0,13 [- 1,74 ; + 1,48], avec un IC comprenant 54,4% de valeurs positives en faveur du groupe contrôle, Cependant, les moyennes prétraitements n'étant pas les mêmes, nous avons calculé la *taille d'effet par la différence des moyennes post-pré traitement* à 0,01 en faveur du groupe expérimental, les deux groupes ont donc évolué de façon similaire quel que soit le traitement reçu.

Les bornes de l'IC étant relativement étroites, nous pouvons donc penser que le traitement n'a pas d'effet particulièrement bénéfique sur cet échantillon de population, et ne serait donc pas intéressant en pratique afin d'améliorer l'équilibre sur l'échelle BOTMP.

Concernant le score total de la fonction motrice globale et le score total de la fonction motrice fine, nous avons calculé les tailles d'effet, respectivement de 11,77 [+ 5,11 ; + 18,43] et 12,33 [+ 3,66 ; + 21,00], ainsi que les *tailles d'effets par la différence des moyennes post-pré traitement* respectivement à 12,07 et 12,77 ; signifiant que le groupe expérimental a gagné, par rapport au groupe contrôle, 12,07 points de plus sur la fonction motrice globale et 12,77 points de plus sur la fonction motrice fine.

Les intervalles de confiance ont des bornes larges positives ; avec cette disparité des résultats nous ne pouvons pas avoir une estimation précise de la réalité du résultat.

Cependant, la borne minimale reste une amélioration de 5,11 points pour la fonction motrice globale et 3,66 pour la fonction motrice fine. Bien que nous n'ayons pas de MCID pour ces scores, l'amélioration semble conséquente sachant que l'échelle totale est sur 88 points. Il semble donc pertinent d'utiliser la réalité virtuelle afin d'améliorer le score total de la fonction motrice globale et celui de la fonction motrice fine.

En résumé pour l'échelle BOTMP, nous avons pu voir des améliorations importantes concernant le score total ainsi les scores totaux des fonctions motrices fine et globale, provoqués par la réalité virtuelle. Les résultats des autres items ne permettent pas d'établir de conclusion quant aux effets induits par l'intervention, mais ils restent encourageants concernant la vitesse et l'agilité de course ainsi que la force.

L'échelle Functional Independence Measure for Children (WeeFIM) a également été utilisée dans cette étude afin d'évaluer le niveau d'indépendance des patients grâce aux mesures des soins personnels, du contrôle sphinctérien, des transferts, de la locomotion, de la communication et des activités cognitives à visée sociale.

Les résultats du score total, des soins personnels, des transferts, de la locomotion et des activités cognitives à visée sociale ont un $p < 0,05$, seront donc analysés.

Les résultats du contrôle sphinctérien et de la communication ont respectivement un $p = 0,75$ et $p = 0,28$; signifiant qu'il y a 75% et 28% de chances que les résultats soient dus au hasard. Ils ne seront donc pas analysés.

Concernant le score total et les soins personnels, les tailles d'effets ont respectivement été calculées à 8,26 [+ 2,03 ; + 14,49] et 3,6 [+ 0,49 ; + 6,71].

Les *tailles d'effets par la différence des moyennes post-pré traitement* sont de 7,76 et 3,5, soit un avantage du groupe expérimental de 7,76 points sur 126 pour le score total et de 3,5 points sur 35 pour les soins personnels, comparativement au groupe contrôle.

Les IC ne comprennent que des valeurs positives mais présentent des bornes larges, empêchant l'extrapolation d'un résultat précis sur une population.

Malgré cela, les MCID retrouvées sont respectivement de 2,82 pour le score total et 2,64 pour les soins personnels. Il est clair que la majorité des données de l'IC du score total sont au-dessus de cette valeur, et sont donc cliniquement significatifs ; alors que pour les soins personnels, seulement la moitié de l'IC est au-dessus de la valeur de la MCID.

Cependant, le traitement reste potentiellement intéressant en pratique car quelle que soit la valeur réelle de l'effet, cela reste une amélioration du score total et du score des soins personnels.

Concernant les transferts, la locomotion et les activités cognitives à visée sociale, nous avons regroupé les résultats car ils sont similaires. Ainsi, les tailles d'effet sont respectivement de 0,47 [- 1,40 ; + 2,34] pour les transferts ; 1,26 [- 0,50 ; + 3,02] pour la locomotion ; et 0,94 [- 0,72 ; + 2,60] pour les activités cognitives à visée sociale.

Ces données nous présentent des tailles d'effet positives, donc en faveur des groupes expérimentaux, avec des IC à bornes larges et passant par la valeur nulle. Ces derniers comprennent chacun 62,6%, 85,8% et 78,3% de valeurs positives.

Nous avons calculé les *tailles d'effet par la différence des moyennes post-pré traitement*, qui nous donnent en moyenne 0,14 points sur 21, 1,1 points sur 14 et 0,9 points sur 21 en plus du groupe expérimental par rapport au groupe contrôle.

Nous avons donc des résultats statistiquement significatifs mais imprécis et de tailles peu importantes.

En conclusion pour l'échelle WeeFIM, le score total et les soins de toilette ont montré des améliorations importantes sur le plan statistique et clinique, due à la réalité virtuelle. Nous pouvons dire que l'intervention peut, très probablement, améliorer le score total et les soins de toilette sur l'échelle WeeFIM.

Concernant les transferts, la locomotion et les activités cognitives à visée sociale, l'effet global semble positif mais reste imprécis dû probablement à un échantillon de population trop peu important.

La pertinence clinique du traitement n'est donc pas démontrée dans ces domaines ; il serait nécessaire de réaliser un essai de plus grande puissance, donc avec une taille d'échantillon plus importante afin d'améliorer la précision des résultats.

4.1.3.3 Chiu H., et al.[39]

Dans cette étude, différents paramètres ont été mesurés : la coordination de l'épaule et des doigts, la force de préhension grâce à un dynamomètre, les échelles Nine-hole Peg Test, Jebsen-Taylor Test of Hand Function et la Functional Use Survey. Tous les résultats sont présents dans le *tableau 8*.

Cependant, la totalité des résultats présente une valeur de $p > 0,05$. Cela signifie qu'il y a plus de 5% de chances qu'ils soient dus au hasard, ce qui représente un pourcentage trop important pour pouvoir les interpréter et les inclure dans cette analyse.

4.1.3.4 Abo-Zaid N. et al.[40]

Pour cette étude, il a été fait le choix de comparer 3 groupes : un groupe dit « contrôle » de thérapie neuro-développementale (NDT), un groupe dit « réalité virtuelle » de NDT et de réalité virtuelle, et un groupe dit « TOT » de NDT et d'exercices orientés sur les tâches. Tous les résultats sont présents dans le *tableau 9*.

Tous les résultats de cette étude ont un $p < 0,05$ et sont donc considérés comme significatifs avec moins de 5% de chances que les effets soient dus au hasard.

Nous allons présenter les résultats séparément, en comparant les groupes contrôle et réalité virtuelle, puis les groupes TOT et réalité virtuelle.

Comparaison groupe contrôle et réalité virtuelle

Concernant la phase oscillante, il est à noter que nous sommes intéressés par une diminution de celle-ci, afin d'avoir une augmentation de la phase d'appui sur le membre lésé.

La taille d'effet a été calculée à $-0,95$ [$- 1,85$; $- 0,05$], soit 0,95% de plus en faveur du groupe contrôle. Cependant, nous recherchons une baisse de ce score afin d'avoir une augmentation de la phase d'appui. Nous considérons donc une diminution moyenne de 0,95% de la phase oscillante pour le groupe expérimental comparativement au groupe contrôle.

Il est logique de voir que, pour la phase d'appui, la taille d'effet a été calculée à $0,95$ [$+ 0,05$; $+ 1,85$], soit une augmentation de 0,95% de la phase d'appui du groupe expérimental.

Les *tailles d'effets par la différence des moyennes post-pré traitement* sont respectivement de $-0,65$ et $0,65$, exprimant une évolution de 0,65% plus favorable au groupe expérimental.

Ces intervalles de confiance ont des bornes étroites ne comprenant pas la valeur nulle, nous avons donc un résultat significatif et précis. Seulement, la taille d'effet exprimée en pourcentages n'est pas très importante. Nous n'avons pas la MCID permettant d'affirmer ou non une significativité clinique, seulement la notion qu'une personne sans pathologie présente une phase d'appui à 60% et une phase oscillante à 40%.⁴¹

Il n'est donc pas formellement prouvé que le traitement soit intéressant en pratique, dans le meilleur des cas nous aurons une diminution de 1,85% de la phase oscillante, entraînant une augmentation de 1,85% de la phase d'appui.

⁴¹ https://ehm.univ-amu.fr/sites/ehm.univ-amu.fr/files/bilan_marche_2006.pdf

Concernant la longueur du pas et la longueur de l'enjambée ; nous rappelons que la longueur du pas correspond à la distance séparant deux appuis successifs et que la longueur de l'enjambée correspond à deux appuis successifs du même pied.

N'ayant pas les unités de ces mesures, nous les avons considérées en « mètre ».

Les tailles d'effets ont été calculées à 0,02 [+ 0,01 ; + 0,03] et 0,04 [+ 0,02 ; + 0,06] ; soit 2 centimètres de plus pour la longueur de pas et 4 centimètres de plus pour la longueur d'enjambée en faveur du groupe expérimental. Les *tailles d'effets par la différence des moyennes post-pré traitement* ont été calculées à 2,8 et 6 centimètres en faveur du groupe expérimental.

La MCID a été retrouvée à 0,25 centimètres pour la longueur du pas et 0,50 centimètres pour la longueur d'enjambée.

Que ce soit l'estimation de la taille de l'effet ou les bornes minimales des IC, toutes ces valeurs sont au-dessus du MCID.

Nous avons donc un résultat significatif au niveau statistique et clinique, et précis avec des bornes d'IC réduites. Il nous est possible de dire que ce traitement serait pertinent pour améliorer la longueur du pas et la longueur de l'enjambée.

Concernant la cadence, la taille d'effet a été calculée à 2,73 [+ 0,47 ; + 4,99], et la *taille d'effet par la différence des moyennes post-pré traitement* est de 1,54, signifiant 1,54 pas par minute de plus en moyenne chez le groupe expérimental.

D'après la MCID à 0,3%, il suffit d'avoir une différence pré-post-traitement de 0,25 pas par minute (avec le calcul $0,3/100 \times 83,91$). Nous avons ici une augmentation de 1,54 pas/minute en plus du groupe expérimental par rapport au groupe contrôle, ce qui est largement supérieur à 0,25. Il nous est possible de considérer un résultat cliniquement significatif.

La borne inférieure de l'IC est supérieure à la MCID, nous indiquant que dans le pire des cas, il subsiste une amélioration significative de la cadence. L'intervalle de confiance est large à bornes positives, il est donc difficile de pouvoir transposer ce résultat à la population ; l'estimation de la réalité du résultat n'est pas assez précise. Elle reste cependant au-dessus de la valeur minimale cliniquement significative, nous pouvons donc affirmer que l'intervention semble bénéfique pour l'amélioration de la cadence.

Ces données encouragent à faire un essai de plus grande puissance afin d'augmenter la précision des résultats.

En résumé, le groupe de réalité virtuelle entraîne une évolution plus importante des paramètres de marche que le groupe contrôle.

Nous ne pouvons pas affirmer de significativité clinique pour les phases d'oscillation et d'appui de la marche. En revanche, les résultats des longueurs d'enjambée et de pas, ainsi que la cadence, présentent des améliorations statistiquement et cliniquement importantes.

Comparaison groupes TOT et réalité virtuelle

Concernant la phase oscillante, nous avons calculé une taille d'effet à 2,03 [+ 1,35 ; + 2,71] en faveur du groupe réalité virtuelle. Comme expliqué dans la comparaison précédente, nous recherchons une diminution, cela signifie donc que le groupe TOT a perdu 2,03% de plus que le groupe de réalité virtuelle concernant la phase oscillante.

De même, pour la phase d'appui, la taille d'effet de -2,04 [- 2,72 ; - 1,36] nous indique une augmentation de 2,04% de la phase d'appui en faveur du groupe TOT.

Les *tailles d'effets par la différence des moyennes post-pré traitement* sont respectivement de 1,77 et -1,78 ; nous avons donc en moyenne 1,75% d'évolution plus marquée concernant les phases d'oscillation et d'appui pour le groupe TOT.

Les intervalles de confiance à 95% sont étroits et ne croisent pas la valeur nulle ; nous avons donc des résultats significatifs et précis, mais sans la MCID nous ne pouvons pas nous prononcer sur l'importance clinique de ces résultats. Il n'est donc pas formellement prouvé que le traitement soit intéressant en pratique ; il est simplement possible de dire que l'intervention TOT peut entraîner au mieux une diminution de 1,35% de la phase d'oscillation, et une augmentation de 1,36% de la phase d'appui.

Concernant la longueur de pas et la longueur d'enjambée, les tailles d'effet ont respectivement été calculées à -0,018 [- 0,03 ; - 0,01] et -0,03 [- 0,05 ; - 0,01] ; soit une augmentation de 1,8 centimètres pour la longueur de pas et 3 centimètres pour la longueur d'enjambée en faveur du groupe TOT.

Les *tailles d'effets par la différence des moyennes post-pré traitement* ont été calculées à 1,6 et 3 centimètres, et sont favorables au groupe TOT.

De la même façon que pour la comparaison précédente, les tailles d'effet ainsi que les bornes inférieures des IC se situent au-dessus de la valeur des MCID (0,25 centimètres pour la longueur du pas et 0,5 centimètres pour la longueur d'enjambée). Avec des IC à bornes étroites, cela nous permet d'avoir une estimation précise de la réalité du résultat.

Nous avons alors un résultat significatif au niveau statistique et clinique, et précis avec des bornes d'IC réduites. Il nous est donc possible d'affirmer que le traitement TOT semble pertinent afin d'améliorer les longueurs de pas et d'enjambée.

Concernant la cadence, la taille d'effet a été calculée à -4,02 [- 6,27 ; - 1,77], signifiant une cadence plus importante chez le groupe TOT de 4,02 pas par minute.

La *taille d'effet par la différence des moyennes post-pré traitement* nous indique qu'en moyenne, le groupe TOT a une amélioration de la cadence de 3,14 pas par minute de plus que le groupe de réalité virtuelle.

D'après la MCID à 0,3%, il suffit d'avoir une différence pré-post-traitement de 0,25 pas par minute (avec le calcul $0,3/100 \times 83,91$). Nous avons ici une augmentation de 3,14 pas/minute en plus du groupe expérimental par rapport au groupe contrôle, ce qui est largement supérieur à 0,25. Il nous est donc possible de considérer un résultat cliniquement significatif.

Avec un intervalle de confiance à bornes larges, il est difficile de pouvoir extrapoler les résultats à une population, car il est possible d'avoir une amélioration de 1,77 à 6,27 pas par minute, ce qui n'est pas assez précis. Il serait donc nécessaire de réaliser un essai comprenant plus de patients afin d'améliorer la puissance statistique des résultats.

En résumé, le groupe TOT entraîne une évolution plus importante des paramètres de marche que le groupe de réalité virtuelle. Nous ne pouvons pas affirmer de significativité clinique pour les phases d'oscillation et d'appui de la marche. En revanche, les résultats des longueurs d'enjambée et de pas, ainsi que la cadence, présentent des améliorations statistiquement et cliniquement importantes.

En comparant tous ces résultats, nous réalisons que, pour la cadence ainsi que les pourcentages de phase oscillante et phase d'appui, l'intervention TOT entraîne des améliorations plus importantes que le groupe de réalité virtuelle. Les résultats du groupe TOT sont quasiment 3 fois supérieurs pour la phase oscillante et la phase d'appui, et 2 fois supérieurs pour la cadence, comparativement au groupe de réalité virtuelle.

En revanche, pour les longueurs de pas et d'enjambée, c'est le groupe de réalité virtuelle qui présente les meilleures améliorations ; avec des résultats 1,75 fois supérieurs pour la longueur de pas et 2 fois supérieurs pour la longueur d'enjambée, comparativement au groupe TOT.

En conclusion, les groupes de réalité virtuelle et TOT entraînent une amélioration des paramètres de la marche plus importante que pour le groupe contrôle ; il serait cependant intéressant de combiner ces deux interventions au sein d'une étude afin de voir si les effets s'additionnent et entraînent des évolutions plus conséquentes des paramètres de marche.

4.1.3.5 *Bedair R. et al.*[41]

Dans cette étude, l'échelle **Abilhand** a été utilisée afin de mesurer l'habileté manuelle dans les activités de la vie quotidienne. Tous les résultats sont présents dans le *tableau 10*.

La valeur du p est $< 0,01$, signifiant qu'il y a moins d'1% de chances que les effets soient dus au hasard. La taille d'effet a été calculée à 0,896 [+ 0,25 ; + 1,54], et la *taille d'effet par la différence des moyennes post-pré traitement* a été calculée à 1,039. Le groupe expérimental a donc gagné 1,039 points sur 46 de plus que le groupe contrôle.

Comme défini précédemment, la MCID a été retrouvée à 0,26 points, seuil marquant une différence cliniquement significative.

Les bornes de l'intervalle de confiance sont étroites et ne passe pas par la valeur nulle.

Nous avons donc une taille d'effet largement supérieure à la MCID, et un IC dont la borne inférieure est quasiment égale à la MCID.

En conclusion, ce résultat statistiquement significatif montre que l'intervention pourrait être cliniquement pertinente afin d'améliorer l'habileté manuelle dans les activités de la vie quotidienne, sur l'échelle Abilhand.

Deux items de l'échelle Peabody Developmental scale-2 ont également été utilisés : l'intégration visuo-motrice et la manipulation d'objet.

Concernant l'**intégration visuo-motrice**, nous avons retrouvé une taille d'effet de 18,7 [+ 8,35 ; + 29,05] en faveur du groupe expérimental et un $p = 0,001$. La *taille d'effet par la différence des moyennes post-pré traitement* a été calculée à 9,3 ; signifiant 9,3 points sur 18 en plus pour le groupe expérimental comparativement au groupe contrôle.

Nous n'avons retrouvé que la MCID de 8,39 pour l'échelle complète, et non pour les items séparés, pour lesquels la MCID serait logiquement inférieure à 8,39. Cependant, la borne inférieure de l'IC est très proche de cette valeur, signifiant que dans le pire des cas, l'amélioration restera cliniquement significative.

En revanche, les bornes de l'IC sont larges, il est donc difficile de prévoir l'effet réel sur la population, l'estimation de la réalité du résultat n'étant pas assez précise. Elle reste cependant équivalente à la valeur minimale cliniquement significative du score total, donc nous pouvons affirmer que l'intervention semble bénéfique pour l'amélioration de l'intégration visuo-motrice.

Ces données encouragent à faire un essai de plus grande puissance afin d'augmenter la précision des résultats.

Concernant la **manipulation d'objets**, la taille d'effet a été calculée à 4,95 [+ 0,47 ; + 9,43] avec un $p < 0,05$, et la *taille d'effet par la différence des moyennes post-pré traitement* a été calculée à 2,1 ; avec un avantage de 2,1 points sur 6 pour le groupe expérimental.

Les bornes de l'IC sont larges, ce qui rend difficile l'interprétation réelle de la taille de l'effet. Il serait intéressant de procéder à une nouvelle étude de plus grande ampleur de façon à améliorer la puissance statistique des résultats, afin qu'ils soient ainsi plus précis.

En résumé, l'intervention semble pertinente afin d'améliorer les scores de l'échelle Abilhand et ceux des items d'intégration visuo-motrice et de manipulation d'objet de l'échelle Peabody Developmental Scale-2. Cependant, malgré des résultats en faveur de notre groupe expérimental, les données restent encore trop imprécises, il serait judicieux de réaliser des essais cliniques à plus grande échelle en variant davantage les patients inclus, et améliorer ainsi la précision des effets retrouvés.

4.1.3.6 Résumé de l'analyse des résultats

Une seule étude retenue a évalué la thérapie par réalité virtuelle via la **Nintendo Wii** : celle d'Aran I. et al.[37].

Nous pouvons dire que le traitement par Nintendo Wii semble pertinent pour l'amélioration de la **praxie** sur l'échelle DOTCA-Ch.

Les résultats concernant l'orientation, la perception spatiale et la construction visuo-motrice de cette même échelle sont encourageants avec une majorité d'effets positifs. Cependant, leurs mesures restent encore trop imprécises et l'absence de valeur minimale cliniquement significative nous empêchent de nous prononcer sur l'efficacité avérée de la thérapie par réalité virtuelle.

Ces résultats ne sont en revanche applicables que sur une population d'enfants paralysés cérébraux entre 7 et 12 ans, ayant un score GMFCS de I ou II et un score MACS de I à III, étant capables de suivre des instructions verbales, n'ayant pas de trouble visuel ou auditif, et n'ayant pas subi de chirurgie orthopédique ou d'injection de toxine botulique les 6 derniers mois.

Les autres études ont évalué la thérapie par réalité virtuelle via le **système Kinect**.

Pour l'article de Aahin S. et al.[38], nous pouvons affirmer que le traitement par le système Kinect semble pertinent pour l'amélioration du **score total** et des **scores totaux de fonctions motrices fine et globale** de l'échelle BOTMP.

Les résultats de la vitesse et l'agilité de course ainsi que la force présentent globalement un effet bénéfique de l'intervention avec une majorité d'effets positifs, mais comme pour l'article précédent, les données sont encore trop peu précises pour pouvoir affirmer une réelle pertinence au traitement. Concernant l'équilibre en revanche, l'intervention ne semble pas plus efficace qu'une thérapie conventionnelle.

Au sein de l'échelle WeeFIM, le **score total** et les **soins personnels** ont vu une nette amélioration avec la réalité virtuelle ; les résultats des transferts, de la locomotion et des activités cognitives sont encourageants avec une majorité d'effets positifs mais ne sont pas transposables à la population du fait de leur imprécision.

Ces résultats ne sont applicables que sur une population d'enfants et adolescents paralysés cérébraux entre 7 et 16 ans, avec des scores GMFCS de I à III et MACS de I ou II, étant capable de suivre des instructions verbales, et n'ayant pas subi de chirurgie orthopédique ou d'injection de toxine botulique les 6 derniers mois.

Concernant l'article d'Abo-Zaid N. et al.[40], nous avons pu comparer les différents effets apportés par la réalité virtuelle et la thérapie occupationnelle dite TOT. Nous avons pu voir que les résultats des **longueurs d'enjambée et de pas** attestent d'une pertinence clinique de la réalité virtuelle. Cependant, les résultats des phases d'oscillation et d'appui ainsi que la cadence semblent en faveur de la thérapie occupationnelle. Nous ne pouvons pas affirmer avec certitude leur applicabilité clinique, étant donné l'absence de valeur minimale cliniquement significative pour les enfants paralysés cérébraux ainsi que l'imprécision des résultats.

Ces conclusions ne sont applicables que sur une population d'enfants et pré-adolescents paralysés cérébraux entre 8 et 12 ans, ayant un score GMFCS de I ou II, une spasticité légère à modérée sur l'échelle d'Ashworth modifiée, étant stable psychologiquement et capable de suivre des instructions verbales, n'ayant pas de trouble visuel ou auditif, d'antécédents de crise d'épilepsie, de déformation orthopédique interférant avec la marche, et n'ayant pas subi de chirurgie des membres inférieurs depuis un an.

Pour l'article de Bedair R. et al.[41], nous pouvons attester d'une pertinence clinique de la thérapie par réalité virtuelle sur l'amélioration du score de l'**échelle Abilhand**. Les résultats de l'échelle Peabody Developmental Scale-2 présentent une pertinence statistique, mais la pertinence clinique n'a pas pu être prouvée due à l'absence de valeurs minimales cliniquement significatives pour ces items. L'intervention améliore ces éléments mais de façon trop aléatoire pour pouvoir les transposer à une population.

Ces conclusions ne sont applicables que chez une population d'enfants paralysés cérébraux de 5 à 10 ans, ayant une spasticité du membre supérieur de 1+ à 2 sur l'échelle d'Ashworth modifiée, ayant un score GMFCS de I ou II, étant capable de suivre des instructions verbales, ayant un QI ≥ 70 sur l'échelle de Stanford Binet, n'ayant pas de trouble cognitif, auditif ou visuel interférant avec l'intervention, et n'ayant pas subi de chirurgie tendineuse depuis moins d'un an.

L'intervention par réalité virtuelle s'avère donc **efficace** pour :

- l'amélioration de la praxie, et possiblement de l'orientation, la perception spatiale et la construction visuo-motrice sur l'échelle DOTCA-Ch chez les enfants entre 7 et 12 ans ;
- l'amélioration des capacités motrices fines et grossières selon le score total de l'échelle BOTMP, et possiblement la vitesse et l'agilité de course ainsi que la force chez les enfants et pré-adolescents de 7 à 16 ans
- l'amélioration de l'indépendance notamment au niveau des soins de toilette, et possiblement l'amélioration des transferts, de la locomotion et des activités cognitives sur l'échelle WeeFIM chez les enfants et pré-adolescents de 7 à 16 ans
- l'amélioration des longueurs d'enjambée et de pas pour les enfants de 8 à 12 ans
- l'amélioration des fonctions motrices fine et globale selon l'échelle Abilhand, et l'amélioration des capacités à exécuter des tâches bimanuelles selon l'échelle Peabody Developmental Scale chez les enfants de 5 à 10 ans

4.1.4 Risques de biais des études

Premièrement, le **faible nombre de participants** ainsi que les **différences caractéristiques** relevées précédemment, entre les patients au sein de chacune des études incluses, ne nous permettent pas d'affirmer que des résultats similaires seraient retrouvés sur l'ensemble de la population concernée par cette pathologie. Comme vu précédemment, les conclusions envisageables au sein de notre étude ne sont transposables que sur des enfants atteints de PC spastique hémiplégique et selon des tranches d'âges précises.

Nous retrouvons des variations concernant la **durée** des études et des séances ; il est logique de penser que des séances plus longues et plus intenses peuvent influencer les résultats.

De plus, les **deux outils de réalité virtuelle** employés sont différents en termes d'utilisation, la Nintendo Wii s'utilise avec une manette alors que le système Kinect utilise une caméra qui capte les mouvements du corps.

Il est important de notifier que les études proviennent de Turquie, d'Australie, d'Espagne et d'Égypte. A l'exception de l'Australie, 4 études sur 5 sont centrées autour de la Méditerranée, nous n'avons donc pas un panel de population représentatif de la paralysie cérébrale dans le monde.

Nous avons beaucoup de résultats non significatifs avec $p > 0,05$, rendant impossible leur interprétation.

Nous nous retrouvons également avec beaucoup de résultats compris dans des intervalles de confiance très larges, ne permettant pas d'avoir une estimation de la réalité du résultat, et donc ne pouvant pas être transposables à la population.

En conclusion, lorsque cela a été possible, nous avons interprété les résultats retrouvés ; mais beaucoup de données sont manquantes et devraient faire l'objet d'une attention plus particulière lors de prochaines études sur le sujet.

4.2 Applicabilité des résultats en pratique clinique

Nous avons choisi de faire une revue de littérature sur la réalité virtuelle non immersive, ce qui permet une prise de conscience de l'environnement en dehors de la simulation.

En effet, les enfants paralysés cérébraux présentent généralement des troubles cognitifs et des difficultés d'adaptation à l'environnement ; il nous a semblé plus judicieux d'étudier leur évolution et leur acclimatation à ce nouvel outil thérapeutique.

4.2.1 Balance bénéfiques / risques

Nous avons pu voir, grâce à notre étude, que la réalité virtuelle pouvait améliorer les capacités motrices et cognitives des enfants atteints de paralysie cérébrale.

En dehors des effets retrouvés, il est important de s'intéresser aux avantages supplémentaires ainsi que les contraintes qu'elle peut apporter.

D'une part, il est connu que l'utilisation de la réalité virtuelle peut améliorer la plasticité cérébrale d'un enfant atteint de paralysie cérébrale. Une étude de You et al.[47] a démontré le développement de voies motrices neuronales n'ayant jamais été utilisées. La neuroplasticité peut notamment être améliorée par la répétition d'une tâche motrice, dans le but d'améliorer le contrôle moteur [48].

D'autre part, lorsqu'ils jouent à des jeux de réalité virtuelle, les enfants s'amuse plus et prennent davantage de plaisir, comparativement aux séances de rééducation conventionnelle. Cela permet non seulement plus de répétitions sur les mêmes tâches, ce qui est une des clefs de la rééducation ; mais intensifie également les signaux bioélectriques dans le cerveau qui sont impliqués dans la neuroplasticité [49]. Cette thérapie apporte donc un avantage considérable dans le développement de la plasticité cérébrale.

De plus, Silvia L. and al.[50] a remarqué que des déficits dans les voies cortico-thalamiques peuvent affecter le traitement sensoriel des enfants paralysés cérébraux. Nous l'avons énoncé dans l'introduction, ces enfants peuvent présenter des troubles visuels, auditifs, proprioceptifs, vestibulaires pouvant affecter leur perception de l'environnement.

Il est important de travailler sur ces troubles en parallèle des déficits moteurs car, ajoutés à la douleur chronique dont sont sujets 75% des enfants paralysés cérébraux, cela devient souvent plus contraignant que les déficits moteurs en eux-mêmes.

La réalité virtuelle permet de travailler sur des tâches concrètes en se rapprochant des activités de la vie réelle. La présence d'informations sensibles tels que stimuli audio-visuels lors de l'utilisation des jeux permettent à l'utilisateur de se focaliser sur autre chose que le mouvement ou l'exercice en lui-même[51]. Compte tenu de ces aspects, la réalité virtuelle pourrait favoriser l'intégration des informations sensorielles par des stimuli visuels et auditifs dans les jeux.

En outre, les enfants ont plus de motivation pour la rééducation[52], même utilisée de manière thérapeutique, la réalité virtuelle reste une plateforme de jeux ; ils sont moins soucieux de faire des erreurs dans cet environnement associé à l'amusement. Ce dernier reste plus relaxant qu'une confrontation avec la réalité de ses incapacités dans les tâches de la vie quotidienne. Cependant, il a été vu que plus l'environnement virtuel est semblable à la réalité, meilleurs sont les transferts d'apprentissage moteur à la vraie vie [53].

Il est plus simple, notamment pour un enfant, d'avoir des objectifs concrets qui peuvent être atteints rapidement. Les jeux de réalité virtuelle utilisés en thérapie permettent d'établir ces objectifs-là, ce qui a pour effet de capter l'attention de l'enfant et de faciliter son apprentissage.

En effet, ils se donnent les moyens d'améliorer leurs scores dans un jeu, de développer leurs compétences en matière de résolution de problèmes en étudiant la manière dont ils peuvent organiser leurs mouvements plus efficacement et plus rapidement [54].

Par ailleurs, Stevens et al.[55] a étudié les adolescents atteints de paralysie cérébrale et rapporte qu'ils n'ont que très peu d'amis, et qu'ils restent généralement dans l'enceinte du milieu scolaire. Les troubles du comportement jouent beaucoup sur leurs compétences sociales ; l'agressivité et l'anxiété ne permettent généralement pas de développer des relations amicales avec leurs camarades.

Comme expliqué dans notre introduction, la motricité globale fait partie intégrante de la participation sociale, récréative et scolaire et a été liée à une estime de soi [15] et au développement cognitif[16]. Il est donc primordial de leur trouver un terrain de défoulement et d'améliorer leur perception d'eux-mêmes, possiblement grâce à la réalité virtuelle[56], afin d'être plus apte à s'ouvrir à leurs pairs.

En somme, le développement récent de la réalité virtuelle permet aux thérapeutes de diversifier leurs pratiques, de motiver les jeunes patients grâce à l'utilisation de jeux et ainsi diminuer leur lassitude liée à la rééducation (cf introduction : enquête ESPaCE), et également de recueillir des données régulières sur l'évolution des patients.

Cependant, les risques associés à la réalité virtuelle existent bel et bien, et il est indispensable de les prendre en compte, surtout sur une population jeune atteinte de paralysie cérébrale.

Selon l'ANSES⁴² (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail), les risques de la réalité virtuelle se traduisent à court terme par :

- Des symptômes de « cybercinétose », à type de nausées, vertiges, sueurs, pâleur, perte d'équilibre
- Des modifications au niveau sensoriel, moteur ou perceptif

⁴² <https://www.anses.fr/fr/content/réalité-virtuelle-réalité-augmentée-quels-risques-quelles-bonnes-pratiques-adopter>

- Des crises d'épilepsie
- Des perturbations du rythme biologique lorsqu'elle est utilisée le soir ou la nuit

Afin de limiter ces risques, l'ANSES recommande d'arrêter l'utilisation en cas d'apparition des symptômes, de respecter un temps de repos pendant 2 heures suite à son utilisation, de ne pas l'utiliser le soir et d'éviter son usage chez les personnes épileptiques.

La réalité virtuelle nécessite généralement des séances longues, de 45 minutes à 1 heure, cela reste contraignant pour le thérapeute et pour le patient, chez qui les signes de fatigue peuvent rapidement apparaître.

Du fait de l'essor récent de la réalité virtuelle, les effets à long terme n'ont pas encore été investigués. Il est nécessaire de redoubler de prudence lors de l'utilisation de celle-ci, et repérer les premiers signes de malaise ou de non-adhérence à la thérapie.

De surcroît, la réalité virtuelle utilisée de manière trop intensive peut entraîner des dystonies voire même l'aggravation de lésions cérébrales ; il est donc impératif de l'utiliser de façon raisonnable et sous surveillance.

En résumé, la réalité virtuelle non immersive peut facilement être retrouvée en cabinet de ville ou en centre, à moindre coût. Elle peut également être utilisée à la maison sous surveillance parentale afin d'avoir une continuité des soins sans que cela devienne trop pesant pour l'enfant.

4.2.2 Rapport coût / efficacité

Les résultats de nos études ont présenté une efficacité globale plutôt correcte ; mais la part d'incertitude due à de faibles échantillons et à des protocoles d'intervention hétérogènes soulève des questionnements quant à l'importance des effets observés.

Concernant le budget nécessaire à l'élaboration d'une thérapie de réalité virtuelle, il se situe entre 100 et 150 euros pour la Xbox Kinect, et entre 70 et 100 euros pour le Nintendo Wii.

Comme dit précédemment, nous avons inclus des outils de réalité virtuelle non immersive ; la réalité virtuelle immersive quant à elle présente des prix beaucoup moins abordables, allant de quelques centaines à plusieurs milliers d'euros.

En effet, l'investissement financier diffère selon les caractéristiques attendues : en fonction du degré d'immersion, du niveau de réalisme, des effets lumineux et sonores souhaités.

En plus du coût financier s'ajoute l'implication humaine au niveau de la **sécurité** et de la **surveillance** du bon déroulement des séances ; il est en effet préférable d'avoir une supervision de l'activité, notamment avec des enfants paralysés cérébraux. Le kinésithérapeute entreprenant des séances à base de réalité virtuelle doit se maintenir disponible pour les explications, la sécurité et le bon déroulement de la séance.

En résumé, la réalité virtuelle pourrait être un complément de prise en charge intéressant, d'une part car il n'a pas été rapporté d'effets néfastes, les résultats même minimes restent intéressants. Cette technologie abordable, nécessitant un budget relativement faible pour un cabinet ou un centre, permettrait de diversifier la prise en charge des enfants paralysés cérébraux, ou encore d'améliorer l'observance de leur rééducation, que ce soit au cabinet ou à la maison.

4.3 Qualité des preuves

La qualité des preuves est définie sur la base des grades de recommandations ou « **système GRADE** » (*figure 2*) de la Haute Autorité de Santé (HAS)⁴³. Il existe 4 niveaux de preuve scientifique dépendant du type d'épreuve réalisée. Cette gradation de l'évidence scientifique se base sur des niveaux de preuve :

- 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

Dans notre revue de littérature, toutes les études incluses sont des essais cliniques randomisés de faible puissance due à leur faible taille d'échantillon. Le niveau de preuves de notre revue est donc évalué au **grade B**, c'est-à-dire une présomption scientifique.

4.4 Biais potentiels de la revue

Les biais potentiels de la revue ont été évalués grâce à la version revisitée franco-canadienne de la grille **R-AMSTAR**⁴⁴ validée par la HAS⁴⁵ (*annexe 8*). Elle permet l'analyse de la qualité méthodologique et des résultats de notre revue.

Elle comprend 11 items analysant l'objectif de la revue, la stratégie de recherche documentaire élaborée, le processus de sélection des études, les caractéristiques des études incluses, l'évaluation de leur qualité, et la démarche méthodologique employée pour la synthèse des résultats. Chaque item présente un score de 1 à 4, permettant d'avoir un score plus précis que la grille AMSTAR.

Le score total de la grille R-AMSTAR est de **29/44**, c'est un score modéré qui nous indique la présence de nombreux biais.

⁴³ https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2013-06/etat_des_lieux_niveau_preuve_gradation.pdf

⁴⁴ https://www.inesss.qc.ca/fileadmin/doc/INESSS/DocuMetho/R_Amstar_FR_21012015.pdf

⁴⁵ https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2014-09/efficacite_des_methodes_de_mise_en_oeuvre_des_recommandations_medicales.pdf

Cette grille nous permet de passer en revue les biais retrouvés :

- Il n'y a pas eu de publication ou d'inscription du protocole d'étude à l'avance
- La sélection et l'extraction des études n'ont pas été confiées à deux personnes
- La nature de la publication était un critère d'inclusion : nous avons exclu les études qui n'étaient pas en français ou en anglais et les revues systématiques afin de ne pas être biaisé par l'interprétation des auteurs
- Il n'y a pas eu d'utilisation de modèle d'effets aléatoires afin de vérifier l'hétérogénéité des études incluses
- La probabilité d'un biais de publication n'a pas été évaluée car nous avons inclus moins de 10 études

D'autres biais sont retrouvés au sein de notre étude et sont décrits par la suite.

Il est nécessaire de prendre en compte la part de **subjectivité** de cette étude. En effet, elle a été réalisée dans le cadre de l'obtention du diplôme en Masso-Kinésithérapie, et est donc soumise à de nombreuses erreurs potentielles. Le manque d'expérience dans la recherche et l'écriture de revue de littérature constitue le premier biais potentiel à notre étude.

Sans reprendre précisément les biais de chaque article, il est à noter que la **qualité des études** va de modérée pour *Abo-Zaid et al.*[40] à très bonne voire excellente pour *Aran et al.* [37], *Aahin et al.* [38], *Chiu et al.* [39] et *Bedair et al.* [41] selon la grille PEDro (*annexe 1*). Il est important de souligner qu'aucune de ces études n'a pu avoir les sujets et les thérapeutes en aveugle. Nous ne pouvons donc pas exclure la possibilité selon laquelle les résultats positifs de notre étude soient dus en réalité à un désir inconscient de réussite de l'intervention, de la part des thérapeutes et/ou des patients.

Notre sélection d'articles a pu être incomplète du fait de la difficulté à obtenir une **équation de recherche** concise englobant le plus d'articles possible sur notre sujet. Par la suite, il est possible que nous ayons omis des articles lors du tri par titre, résumé ou lecture complète ; d'autant plus que nous n'avons investigué que trois bases de données sur l'ensemble de la littérature internationale.

De plus, nous avons dû exclure l'étude de Chiu H., et al.[39] à cause de ses résultats non significatifs et donc non interprétables. Cette exclusion a diminué notre nombre total d'articles inclus qui était déjà faible. Cela entraîne une étude sur une population de 247 patients au lieu de 307 attendus, ce qui est peu compte tenu du nombre d'enfants paralysés cérébraux dans le monde.

De plus, les **MCID** de chacun des tests ou échelle n'étaient pas présentées dans les études et ont dû faire l'objet de recherches supplémentaires. Parfois non retrouvés, nous avons dû laisser les résultats sans interprétation clinique, ne sachant pas si l'effet retrouvé aurait pu être significatif en pratique. De même, les **unités de mesure** n'étant pas toujours précisées, nous avons dû faire des suppositions en fonction des chiffres retrouvés et du contexte ; créant un biais important en cas d'erreur de notre part.

Pour les paramètres de la marche, nous avons jugé pertinent de prendre les MCID concernant les personnes âgées ; nous sommes conscients que les enfants paralysés cérébraux et les personnes âgées n'ont pas le même schéma de marche, mais ce choix a été fait afin de pouvoir interpréter a minima les

résultats. De même pour l'échelle Peabody Developmental Scale-2, les MCID retrouvées ne concernent que le score total et non pas les items.

Ces libertés de traitement des résultats entraînent des biais inhérents à notre étude du fait de la possible mauvaise interprétation des résultats finaux.

Enfin, la réalisation de cette étude a été faite par une seule personne, ce qui peut engendrer des biais du fait d'une volonté inconsciente que la réalité virtuelle soit un atout de la rééducation. Cette revue de littérature étant le premier travail de recherche aussi conséquent et poussé, il n'est pas étonnant de retrouver de nombreux biais au sein de notre revue de littérature.

5 CONCLUSION

5.1 Implication pour la pratique clinique

Grâce à cette revue, nous avons pu évaluer les effets bénéfiques apportés par l'ajout de réalité virtuelle au sein d'une prise en charge kinésithérapique conventionnelle chez les enfants paralysés cérébraux.

Sur les quatre articles étudiés, nous avons pu conclure à une **efficacité** de la réalité virtuelle concernant les **fonctions motrices**, **l'indépendance sur les tâches de la vie quotidienne** et sur les **paramètres de la marche**.

La littérature nous a également fourni des éléments supplémentaires concernant les effets bénéfiques apportés par cette intervention, notamment sur la motivation, l'amusement et le développement de la plasticité cérébrale.

Malgré des résultats ne permettant pas d'affirmer pleinement la pertinence clinique, l'analyse de nos résultats a permis de se questionner sur les bénéfices liés à l'ajout de la réalité virtuelle dans la rééducation conventionnelle. N'entraînant pas d'effets néfastes sur l'évolution des paramètres évalués, la réalité virtuelle pourrait s'imposer comme un **adjuvant avantageux** à la kinésithérapie habituelle.

Cela reste une alternative accessible et peu coûteuse, du moins concernant la réalité virtuelle non immersive vue dans les études incluses.

Elle permet au kinésithérapeute de **diversifier** ses séances, de **diminuer la lassitude** associée à la thérapie, et de réaliser un travail similaire à celui réalisé en thérapie conventionnelle. Elle pourrait s'avérer utile au sein d'un cabinet, ou même à la maison pour poursuivre la rééducation.

Cette thérapie permet donc d'élargir de nouveaux horizons concernant la kinésithérapie actuelle en apportant un outil supplémentaire, présentant des bénéfices multiples chez une population jeune, en complément d'une rééducation classique.

5.2 Implication pour la recherche

Dans l'espoir de résultats de plus grande puissance significative, nous encourageons à réaliser de futures interventions comprenant des échantillons plus importants et plus diversifiées au niveau des stades de paralysie cérébrale. Il serait également intéressant de diminuer le nombre de critères d'inclusion et d'exclusion, notamment en fonction de l'âge et de la classification topographique de la paralysie cérébrale.

La nécessité d'établir un protocole précis s'avère indispensable afin de pouvoir reproduire des séances similaires et éliminer de nombreux biais.

De plus, la thérapie des enfants atteints de paralysie cérébrale étant de plusieurs années, il peut être intéressant de réaliser des études sur une durée plus importante afin de voir les effets à long termes.

L'apparition récente de la réalité virtuelle fait que les études engagées dans ce domaine ne présentent que très peu de participants et d'homogénéité entre les interventions, entraînant des incertitudes concernant les conclusions de notre revue. Cependant, comme nous avons pu le voir avec les articles exclus de notre revue de littérature, de nombreuses études sur le sujet sont en cours. Il est donc possible que d'ici quelques mois, les résultats de ces études nous apportent des informations supplémentaires.

Enfin, notre étude a porté sur les effets de la réalité virtuelle non immersive, il serait intéressant d'étudier l'adaptation des enfants paralysés cérébraux à la réalité virtuelle totalement immersive.

Malgré la nécessité d'études supplémentaires qui permettraient de confirmer les effets de la réalité virtuelle sur des échantillons plus importants et plus diversifiés ; cette revue de littérature a permis d'établir le bilan actuel des données de la littérature scientifique disponibles sur ce sujet.

Déclaration de conflits d'intérêt : étant donné que la réalisation de cette revue de littérature a été faite dans le contexte d'obtention du diplôme de Masseur-Kinésithérapeute, aucun conflit d'intérêt ni participation financière ne sont à déclarer.

6 BIBLIOGRAPHIE

- [1] C. Cans, H. Dolk, M. J. Platt, A. Colver, A. Prasauskiene, and I. Krägel-Oh-Mann, "Recommendations from the SCPE collaborative group for defining and classifying cerebral palsy," *Dev. Med. Child Neurol.*, vol. 49, no. SUPPL. 2, pp. 35–38, 2007.
- [2] K. Pietrzak, A. Grzybowski, and J. Kaczmarczyk, "William John Little (1810–1894)," *J. Neurol.*, vol. 263, no. 5, pp. 1047–1049, 2016.
- [3] M. Sadowska, B. Sarecka-Hujar, and I. Kopyta, "Cerebral palsy: Current opinions on definition, epidemiology, risk factors, classification and treatment options," *Neuropsychiatric Disease and Treatment*, vol. 16, pp. 1505–1518, 2020.
- [4] M. Oskoui, F. Coutinho, J. Dykeman, N. Jetté, and T. Pringsheim, "An update on the prevalence of cerebral palsy: A systematic review and meta-analysis," *Developmental Medicine and Child Neurology*, vol. 55, no. 6, pp. 509–519, Jun-2013.
- [5] D. Moster, A. J. Wilcox, S. E. Vollset, T. Markestad, and R. T. Lie, "Cerebral palsy among term and postterm births," *JAMA - J. Am. Med. Assoc.*, vol. 304, no. 9, pp. 976–982, 2010.
- [6] A. Michael-Asalu, G. Taylor, H. Campbell, L. L. Lelea, and R. S. Kirby, "Cerebral Palsy: Diagnosis, Epidemiology, Genetics, and Clinical Update," *Advances in Pediatrics*, vol. 66, Mosby, pp. 189–208, 01-Aug-2019.
- [7] National Institute of Neurological Disorders and Stroke, "Cerebral Palsy: Hope Through Research | National Institute of Neurological Disorders and Stroke," *Cerebral Palsy: Hope Through Research*, 2013. [Online]. Available: <https://www.ninds.nih.gov/Disorders/Patient-Caregiver-Education/Hope-Through-Research/Cerebral-Palsy-Hope-Through-Research>. [Accessed: 19-Dec-2021].
- [8] C. Berard, *La paralysie cérébrale de l'enfant-Guide de consultation, examen neuro-orthopedique du tronc et des membres inférieurs.*, vol. 95, no. 3. Elsevier Masson, 2010.
- [9] "Proposed definition and classification of cerebral palsy, April 2005," *Dev. Med. Child Neurol.*, vol. 47, no. 8, pp. 571–571, Feb. 2007.
- [10] C. Amiel-Tison and J. Gosselin, "Variétés cliniques de la paralysie cérébrale et comorbidités," in *Pathologie neurologique périnatale et ses conséquences*, Elsevier, 2010, pp. 225–230.
- [11] I. Nzovak, "Evidence-based diagnosis, health care, and rehabilitation for children with cerebral palsy," *Journal of Child Neurology*, vol. 29, no. 8. SAGE Publications Inc., pp. 1141–1156, 22-Jun-2014.
- [12] H. K. Graham *et al.*, "Cerebral palsy," *Nature Reviews Disease Primers*, vol. 2. Nat Rev Dis Primers, 07-Jan-2016.
- [13] P. L. Rosenbaum *et al.*, "Prognosis for gross motor function in cerebral palsy: Creation of motor development curves," *J. Am. Med. Assoc.*, vol. 288, no. 11, pp. 1357–1363, Sep. 2002.
- [14] M. Holmfur, L. Krumlinde-Sundholm, J. Bergström, and A. C. Eliasson, "Longitudinal development of hand function in children with unilateral cerebral palsy," *Dev. Med. Child Neurol.*, vol. 52, no. 4, pp. 352–357, Apr. 2010.
- [15] G. Roberts, P. J. Anderson, N. Davis, C. De Luca, J. Cheong, and L. W. Doyle, "Developmental coordination disorder in geographic cohorts of 8-year-old children born extremely preterm or extremely low birthweight in the 1990s," *Dev. Med. Child Neurol.*, vol. 53, no. 1, pp. 55–60, Jan. 2011.
- [16] J. P. Piek, L. Dawson, L. M. Smith, and N. Gasson, "The role of early fine and gross motor development on later motor and cognitive ability," *Hum. Mov. Sci.*, vol. 27, no. 5, pp. 668–681, Oct. 2008.
- [17] E. Beckung, G. Carlsson, S. Carlsdotter, and P. Uvebrant, "The natural history of gross motor development in children with cerebral palsy aged 1 to 15 years," *Dev. Med. Child Neurol.*, vol. 49, no. 10, pp. 751–756, Oct. 2007.
- [18] B. Elbasan, K. U. Akaya, M. Akyuz, and D. Oskay, "Effects of neuromuscular electrical stimulation and Kinesio Taping applications in children with cerebral palsy on postural control and sitting balance," *J. Back Musculoskelet. Rehabil.*, vol. 31, no. 1, pp. 49–55, Jan. 2018.
- [19] M. Stavsky, O. Mor, S. A. Mastrolia, S. Greenbaum, N. G. Than, and O. Erez, "Cerebral palsy-trends in epidemiology and recent development in prenatal mechanisms of disease, treatment, and prevention," *Frontiers in Pediatrics*, vol. 5, p. 1, 2017.
- [20] M. Cheignard *et al.*, "Intérêt de la thérapie par contrainte induite chez l'enfant hémiplégique après lésion cérébrale acquise," *Ann. Readapt. Med. Phys.*, vol. 51, no. 4, pp. 238–247, May 2008.
- [21] K. McGarrity, S. Old, J. Sellar, G. Todd, and (Wales, "Working with Children-Guidance on Good Practice."
- [22] I. Novak *et al.*, "Early, accurate diagnosis and early intervention in cerebral palsy: Advances in diagnosis and treatment," *JAMA Pediatrics*, vol. 171, no. 9. American Medical Association, pp. 897–907, 01-Sep-2017.
- [23] J. Sutherland *et al.*, "Applying Modern Virtual and Augmented Reality Technologies to Medical Images and Models," *Journal of Digital Imaging*, vol. 32, no. 1. Springer, pp. 38–53, 15-Feb-2019.
- [24] G. Burdea and P. Coiffet, "The Three I's of Virtual Reality," in *Virtual reality technology*, G. Burdea and P. Coiffet, Eds. J. Wiley-Interscience, 2003, pp. 1–15.

- [25] M. Agostini *et al.*, "Telerehabilitation and recovery of motor function: a systematic review and meta-analysis," *J. Telemed. Telecare*, vol. 21, no. 4, pp. 202–213, Jun. 2015.
- [26] T. Matheve, K. Bogaerts, and A. Timmermans, "Virtual reality distraction induces hypoalgesia in patients with chronic low back pain: A randomized controlled trial," *J. Neuroeng. Rehabil.*, vol. 17, no. 1, Apr. 2020.
- [27] J. Ziviani, S. Rodger, P. Pacheco, L. Rootsey, A. Smith, and N. Katz, "The dynamic occupational therapy cognitive assessment for children (DOTCA Ch): Pilot study of inter-rater and test retest reliability," *New Zeal. J. Occup. Ther.*, vol. 51, no. 2, pp. 17–24, 2004.
- [28] N. Katz, S. Golstand, R. T. Bar-lian, and S. Parush, "The Dynamic Occupational Therapy Cognitive Assessment for Children (DOTCA-Ch): A new instrument for assessing learning potential," *Am. J. Occup. Ther.*, vol. 61, no. 1, pp. 41–52, 2007.
- [29] J. C. Deitz, D. Kartin, and K. Kopp, "Review of the Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency, Second Edition (BOT-2)," *Physical and Occupational Therapy in Pediatrics*, vol. 27, no. 4. pp. 87–102, 2007.
- [30] B. S. Tur, A. A. Küçükdeveci, Ş. Kutlay, G. Yavuzer, A. H. Elhan, and A. Tennant, "Psychometric properties of the WeeFIM in children with cerebral palsy in Turkey," *Dev. Med. Child Neurol.*, vol. 51, no. 9, pp. 732–738, 2009.
- [31] R. H. Jepsen, N. Taylor, R. B. Trieschmann, M. J. Trotter, and L. A. Howard, "An objective and standardized test of hand function.," *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, vol. 50, no. 6, pp. 311–319, 1969.
- [32] S. Ashford, M. Slade, F. Malaprade, and L. Turner-Stokes, "Evaluation of functional outcome measures for the hemiparetic upper limb: A systematic review," *Journal of Rehabilitation Medicine*, vol. 40, no. 10. J Rehabil Med, pp. 787–795, Nov-2008.
- [33] M. Gedda, "Traduction française des lignes directrices PRISMA pour l'écriture et la lecture des revues systématiques et des méta-analyses," *Kinesithérapie*, vol. 15, no. 157, pp. 39–44, Jan. 2015.
- [34] A. P. Verhagen, H. C. W. De Vet, R. A. De Bie, M. Boers, and P. A. Van Den Brandt, "The art of quality assessment of RCTs included in systematic reviews," *J. Clin. Epidemiol.*, vol. 54, no. 7, pp. 651–654, 2001.
- [35] K. F. Schulz, I. Chalmers, R. J. Hayes, and D. G. Altman, "Empirical Evidence of Bias: Dimensions of Methodological Quality Associated With Estimates of Treatment Effects in Controlled Trials," *JAMA J. Am. Med. Assoc.*, vol. 273, no. 5, pp. 408–412, Feb. 1995.
- [36] L. Brosseau *et al.*, "Une version franco-canadienne de la Physiotherapy Evidence Database (PEDro) Scale : L'Échelle PEDro," *Physiother. Canada*, vol. 67, no. 3, pp. 232–239, 2015.
- [37] O. T. Aran, S. Şahin, B. Köse, Z. B. Ağce, and H. Kayihan, "Effectiveness of the virtual reality on cognitive function of children with hemiplegic cerebral palsy: A single-blind randomized controlled trial," *Int. J. Rehabil. Res.*, vol. 43, no. 1, pp. 12–19, 2020.
- [38] S. Aahin, B. Köse, O. T. Aran, Z. Bahadr Ağce, and H. Kayihan, "The Effects of Virtual Reality on Motor Functions and Daily Life Activities in Unilateral Spastic Cerebral Palsy: A Single-Blind Randomized Controlled Trial," *Games Health J.*, vol. 9, no. 1, pp. 45–52, 2020.
- [39] H. C. Chiu, L. Ada, and H. M. Lee, "Upper limb training using Wii Sports Resort™ for children with hemiplegic cerebral palsy: A randomized, single-blind trial," *Clin. Rehabil.*, vol. 28, no. 10, pp. 1015–1024, 2014.
- [40] N. A. Abo-Zaid, N. A. Helmy, N. I. Elsayed, and A. H. Mohammed, "Wii Sport versus task-oriented training on gait in unilateral cerebral palsy: A randomized controlled trial," *J. Hum. Sport Exerc.*, vol. 16, no. Proc2, pp. 522–531, 2021.
- [41] R. Bedair, H. Al-Talawy, K. Shoukry, and E. Abdul-Raouf, "Impact of virtual reality games as an adjunct treatment tool on upper extremity function of spastic hemiplegic children," *Int. J. PharmTech Res.*, vol. 9, no. 6, pp. 1–8, 2016.
- [42] K. J. Ottenbacher *et al.*, "The WeeFIM instrument: Its utility in detecting change in children with developmental disabilities," *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, vol. 81, no. 10, pp. 1317–1326, 2000.
- [43] K. J. Ottenbacher *et al.*, "The WeeFIM instrument: Its utility in detecting change in children with developmental disabilities," *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, vol. 81, no. 10, pp. 1317–1326, 2000.
- [44] J. K. Kim, M. G. Park, and S. J. Shin, "What is the minimum clinically important difference in grip strength?," *Clin. Orthop. Relat. Res.*, vol. 472, no. 8, pp. 2536–2541, 2014.
- [45] S. Mendoza-Sánchez, F. Molina-Rueda, L. L. Florencio, M. Carratalá-Tejada, and A. Cuesta-Gómez, "Reliability and agreement of the Nine Hole Peg Test in patients with unilateral spastic cerebral palsy," *Eur. J. Pediatr.*, vol. 1, p. 3, 2022.
- [46] J. S. Brach, S. Perera, S. Studenski, M. Katz, C. Hall, and J. Verghese, "Meaningful change in measures of gait variability in older adults," *Gait Posture*, vol. 31, no. 2, pp. 175–179, 2010.
- [47] S. H. You, S. H. Jang, Y.-H. Kim, Y.-H. Kwon, I. Barrow, and M. Hallett, "Cortical reorganization induced by virtual reality therapy in a child with hemiparetic cerebral palsy," *Dev. Med. Child Neurol.*, vol. 47, no. 9, pp. 628–635, Sep. 2005.
- [48] R. Dewar, S. Love, and L. M. Johnston, "Exercise interventions improve postural control in children with cerebral palsy: A systematic review," *Dev. Med. Child Neurol.*, vol. 57, no. 6, pp. 504–520, Jun. 2015.
- [49] M. Palaus, E. M. Marron, R. Viejo-Sobera, and D. Redolar-Ripoll, "Neural basis of video gaming: A systematic

- review," *Frontiers in Human Neuroscience*, vol. 11. Front Hum Neurosci, 22-May-2017.
- [50] S. L. Pavão and N. A. C. F. Rocha, "Sensory processing disorders in children with cerebral palsy," *Infant Behav. Dev.*, vol. 46, pp. 1–6, Feb. 2017.
- [51] F. R. (Ruud. Weel, A. L. H. van der Meer, and D. N. Lee, "Effect of Task on Movement Control in Cerebral Palsy: Implications for Assessment and Therapy," *Dev. Med. Child Neurol.*, vol. 33, no. 5, pp. 419–426, 1991.
- [52] K. Harris and D. Reid, "The influence of virtual reality play on children's motivation," *Canadian Journal of Occupational Therapy*, vol. 72, no. 1. Can J Occup Ther, pp. 21–29, 2005.
- [53] C. Bossard, G. Kermarrec, C. Buche, and J. Tisseau, "Transfer of learning in virtual environments: A new challenge?," *Virtual Real.*, vol. 12, no. 3, pp. 151–161, Mar. 2008.
- [54] P. Weiss, E. Keshner, and M. Levin, *Virtual Reality for Physical and Motor Rehabilitation*. New York, NY: Springer New York, 2014.
- [55] S. E. Stevens, C. A. Steele, J. W. Jutai, I. V. Kalnins, J. A. Bortolussi, and W. D. Biggar, "Adolescents with physical disabilities: Some psychosocial aspects of health," *J. Adolesc. Heal.*, vol. 19, no. 2, pp. 157–164, 1996.
- [56] J. L. B. Arnoni, B. N. Verdério, A. M. A. Pinto, and N. A. C. F. Rocha, "Efeito da intervenção com videogame ativo sobre o autoconceito, equilíbrio, desempenho motor e sucesso adaptativo de crianças com paralisia cerebral: estudo preliminar," *Fisioter. e Pesqui.*, vol. 25, no. 3, pp. 294–302, 2018.
- [57] C. Cho, W. Hwang, S. Hwang, and Y. Chung, "Treadmill training with virtual reality improves gait, balance, and muscle strength in children with cerebral palsy," *Tohoku J. Exp. Med.*, vol. 238, no. 3, pp. 213–218, Mar. 2016.
- [58] C. Kasse, C. Hunt, M. W. R. Holmes, and M. Lloyd, "Home-based Nintendo Wii training to improve upper-limb function in children ages 7 to 12 with spastic hemiplegic cerebral palsy," *J. Pediatr. Rehabil. Med.*, vol. 10, no. 2, pp. 145–154, 2017.
- [59] M. Pourazar, F. Mirakhori, R. Hemayattalab, and F. Bagherzadeh, "Use of virtual reality intervention to improve reaction time in children with cerebral palsy: A randomized controlled trial," *Dev. Neurorehabil.*, vol. 21, no. 8, pp. 515–520, Nov. 2018.
- [60] Q. Qiu *et al.*, "The new jersey institute of technology robot-assisted virtual rehabilitation (NJIT-RAVR) system for children with cerebral palsy: A feasibility study," *J. Neuroeng. Rehabil.*, vol. 6, no. 1, 2009.
- [61] N. F. Do Nascimento, J. S. Marques, L. C. de L. Triqueiro, T. C. C. Da Silva, M. O. Lacerda, and A. R. R. Lindquist, "Treino com realidade virtual no alcance manual de crianças com paralisia cerebral: estudo de três casos," *Fisioter. Bras.*, vol. 19, no. 2, pp. 223–230, 2018.
- [62] NCT04901793, "Efficacy of Virtual Reality in Pain Reduction in Orthopedic Pediatric Patients," <https://clinicaltrials.gov/show/NCT04901793>, 2021.
- [63] CTRI/2017/12/011045, "EFFECTS OF MICROSOFT KINETIC X BOX GAME ALONG WITH STANDARD PHYSIOTHERAPY ON MOTOR FUNCTION,DYNAMIC BALANCE,ACTIVITIES OF DAILY LIVING AND QUALITY OF LIFE AMONG SPECIAL CHILDREN -RANDOMIZED CONTROLLED TRIAL," <https://trialsearch.who.int/Trial2.aspx?TrialID=CTRI/2017/12/011045>, 2017.
- [64] NCT05131724, "Effectiveness of Virtual Reality on Functional Mobility During Treadmill Training in Children With Cerebral Palsy," <https://clinicaltrials.gov/show/NCT05131724>, 2021.
- [65] K. Ren, X. M. Gong, R. Zhang, and X. H. Chen, "Effects of virtual reality training on limb movement in children with spastic diplegia cerebral palsy," *Chinese J. Contemp. Pediatr.*, vol. 18, no. 10, pp. 975–979, Oct. 2016.
- [66] S. Klobucká, E. Žiaková, and R. Klobucký, "The effect of virtual reality environment during robotic-assisted locomotor training on gross motor functions in patients with cerebral palsy | Vplyv prostredia virtuálnej reality počas roboticky asistovaného lokomočného tréningu na motorické funkcie paci," *Ces. a Slov. Neurol. a Neurochir.*, vol. 76, no. 6, pp. 702–711, 2013.
- [67] B. M. Ökmen, M. D. Aslan, F. Ç. Çetin, G. F. N. Yüzer, B. K. Dönmez, and N. Özgirgin, "Serebral palsili çocuklarda sanal gerçeklik terapisinin ruhsal Uuyuma etkisi. TT - The effect of virtual reality therapy on psychological adaptation in children with cerebral palsy.," *Nöropsikiyatri Arşivi / Arch. Neuropsychiatry*, vol. 50, no. 1, pp. 70–74, 2013.
- [68] J. W. Yoo, D. R. Lee, Y. J. Cha, and S. H. You, "Augmented effects of EMG biofeedback interfaced with virtual reality on neuromuscular control and movement coordination during reaching in children with cerebral palsy," *NeuroRehabilitation*, vol. 40, no. 2, pp. 175–185, 2017.
- [69] D. Reid, "The influence of virtual reality on playfulness in children with cerebral palsy: A pilot study," *Occup. Ther. Int.*, vol. 11, no. 3, pp. 131–144, 2004.
- [70] C. Gagliardi *et al.*, "Immersive Virtual Reality to Improve Walking Abilities in Cerebral Palsy: A Pilot Study," *Ann. Biomed. Eng.*, vol. 46, no. 9, pp. 1376–1384, Sep. 2018.
- [71] W. J. Farr *et al.*, "Feasibility of a randomised controlled trial to evaluate home-based virtual reality therapy in children with cerebral palsy," *Disabil. Rehabil.*, vol. 43, no. 1, pp. 85–97, 2021.
- [72] H. W. Kim, K. S. Nam, and S. M. Son, "Effects of Virtual Reality Horse Riding Simulator Training Using a Head-Mounted Display on Balance and Gait Functions in Children with Cerebral Palsy: A Preliminary Pilot Study," *J.*

- Korean Phys. Ther.*, vol. 31, no. 5, pp. 273–278, 2019.
- [73] Y. P. Chen *et al.*, “Use of virtual reality to improve upper-extremity control in children with cerebral palsy: A single-subject design,” *Phys. Ther.*, vol. 87, no. 11, pp. 1441–1457, Nov. 2007.
- [74] C. Bryanton, J. Bossé, M. Brien, J. McLean, A. McCormick, and H. Sveistrup, “Feasibility, motivation, and selective motor control: Virtual reality compared to conventional home exercise in children with cerebral palsy,” *Cyberpsychology Behav.*, vol. 9, no. 2, pp. 123–128, Apr. 2006.
- [75] D. Sharan, P. S. Ajeesh, R. Rameshkumar, M. Mathankumar, R. J. Paulina, and M. Manjula, “Virtual reality based therapy for post operative rehabilitation of children with cerebral palsy,” in *Work*, 2012, vol. 41, no. SUPPL.1, pp. 3612–3615.
- [76] E. Steele, K. Grimmer, B. Thomas, B. Mulley, I. Fulton, and H. Hoffman, “Virtual Reality as a Pediatric Pain Modulation Technique: A Case Study,” *Cyberpsychology Behav.*, vol. 6, no. 6, pp. 633–638, Dec. 2003.
- [77] NCT04147468, “Functional Strength Training and Virtual Reality in Children With CP,” *Case Med. Res.*, 2019.
- [78] IRCT20090301001722N25, “Effectiveness of virtual reality rehabilitation-based approach compared to balance-specific training and conventional training on balance function of cerebral palsy children: a randomized controlled trial,” <https://trialssearch.who.int/Trial2.aspx?TrialID=IRCT20090301001722N25>, 2020.
- [79] V. Gatica-Rojas *et al.*, “Effectiveness of a Nintendo Wii balance board exercise programme on standing balance of children with cerebral palsy: A randomised clinical trial protocol,” *Contemp. Clin. Trials Commun.*, vol. 6, pp. 17–21, Jun. 2017.
- [80] NTR6034, “Is it possible to predict the effect of balance training based on networks in the brain in children with cerebral palsy?,” <https://trialssearch.who.int/Trial2.aspx?TrialID=NTR6034>, 2016.
- [81] ACTRN12619000781145, “The effect of a virtual reality game device on the functioning of children and adolescents with motor disabilities,” <https://trialssearch.who.int/Trial2.aspx?TrialID=ACTRN12619000781145>, 2019.
- [82] S. MIYAKE, M. TAKAYAMA, M. KUMASHIRO, T. MURAKAMI, and H. HIRAO, “Effects of Virtual Reality on Man,” *Japanese J. Ergon.*, vol. 29, no. Supplement, pp. 140–141, 1993.
- [83] NCT03628261, “Is EMG-based Serious Games Effective in Improving Gait in Children With Cerebral Palsy? Interest of Electromyography Feedback (EMG),” <https://clinicaltrials.gov/show/NCT03628261>, 2018.
- [84] NCT02975804, “RCT on Interactive Computer Play on Trunk Control in CP,” <https://clinicaltrials.gov/show/NCT02975804>, 2016.
- [85] NCT04483388, “Training With Virtual Reality in Upper Arm Reaching of Children With Cerebral Palsy,” <https://clinicaltrials.gov/show/NCT04483388>, 2020.
- [86] NCT04954144, “Role of Virtual Reality in Hand Rehabilitation for Children With Cerebral Palsy,” <https://clinicaltrials.gov/show/NCT04954144>, 2021.
- [87] NCT04529343, “Virtual Reality Mediated Upper Extremity rehabilitationPatients With Cerebral Palsy,” <https://clinicaltrials.gov/show/NCT04529343>, 2020.
- [88] NCT04467385, “Virtual Reality Training With Sensory Integration On The Gross Motor Functions Of Lower Limb,” <https://clinicaltrials.gov/show/NCT04467385>, 2020.
- [89] IRCT20200415047094N1, “the Effect of Virtual Reality on cerebral palsy,” <https://trialssearch.who.int/Trial2.aspx?TrialID=IRCT20200415047094N1>.
- [90] Nct, “Serious Game-based Intervention in Gait Rehabilitation for Children With Cerebral Palsy: randomized Control Trial,” <https://clinicaltrials.gov/show/NCT04837105>, 2021.
- [91] S. H. Park, S. M. Son, and J. Y. Choi, “Effect of posture control training using virtual reality program on sitting balance and trunk stability in children with cerebral palsy,” *NeuroRehabilitation*, vol. 48, no. 3, pp. 247–254, 2021.
- [92] M. Ata, “Effect of Xbox Kinect on Balance in Spastic Hemiparetic Children,” *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, vol. 101, no. 11, pp. e110–e111, 2020.
- [93] R. T.A., F. D.A., C. F.N., C. E. S. P.A., M. E.W., and B. L., “Effectiveness of virtual reality using Wii gaming in the treatment of cerebral palsy,” *Neurorehabil. Neural Repair*, vol. 26, no. 6, p. NP8, 2012.
- [94] J. L. B. Arnoni, A. F. R. Kleiner, C. R. G. Lima, A. C. De Campos, and N. A. C. F. Rocha, “Nonimmersive Virtual Reality as Complementary Rehabilitation on Functional Mobility and Gait in Cerebral Palsy: A Randomized Controlled Clinical Trial,” *Games Health J.*, vol. 10, no. 4, pp. 254–263, Aug. 2021.
- [95] M. Ata, “Effect of Virtual Reality on Balance in Children with Hemiplegic Cerebral Palsy,” *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, vol. 101, no. 12, p. e137, 2020.
- [96] D. Sharan and J. S. Rajkumar, “Two models of virtual reality devices for therapeutics in persons with cerebral palsy,” *Ann. Phys. Rehabil. Med.*, vol. 61, pp. e59–e60, Jul. 2018.
- [97] H. D., R. R., and H. S., “An accessible and haptic serious gaming system to improve hand function in children with cerebral palsy—a pilot randomised trial,” *Dev. Med. Child Neurol.*, vol. 58, p. 28, 2016.
- [98] Y. Ko, H. Kim, E. Chio, and S. Lee, “Do virtual reality sports games improve sports specific skills in unilateral cerebral palsy patients?,” *Dev. Med. Child Neurol.*, vol. 55, pp. 12–13, 2013.

- [99] J. Jose, D. Sharan, J. S. Rajkumar, R. Balakrishnan, L. Elluru, and S. Tiwari, "A comparative study on the effectiveness of two different devices for virtual reality based therapy on children with cerebral palsy post-single event multilevel surgery," *Dev. Med. Child Neurol.*, vol. 59, p. 37, 2017.
- [100] K. K. Jha, G. B. Karunanithi, A. Sahana, and S. Karthikbabu, "Randomised trial of virtual reality gaming and physiotherapy on balance, gross motor performance and daily functions among children with bilateral spastic cerebral palsy," *Somatosens. Mot. Res.*, vol. 38, no. 2, pp. 117–126, Apr. 2021.
- [101] D. Sharan, M. Mohandoss, and R. Ranganathan, "Virtual reality based therapy: Three different methods and its effect on balance and weight shifting ability of children with cerebral palsy," *Prosthet. Orthot. Int.*, vol. 39, p. 517, 2015.
- [102] P. Meyns, J. Harlaar, L. van de Pol, F. Barkhof, and A. Buizer, "Can Virtual Reality games improve scores on clinical balance scales in children with cerebral palsy: preliminary results of a randomized controlled clinical trial," *Gait Posture*, vol. 57, pp. 234–235, Sep. 2017.
- [103] J. L. B. Arnoni, S. L. Pavão, F. P. dos Santos Silva, and N. A. C. F. Rocha, "Effects of virtual reality in body oscillation and motor performance of children with cerebral palsy: A preliminary randomized controlled clinical trial," *Complement. Ther. Clin. Pract.*, vol. 35, pp. 189–194, May 2019.
- [104] A. Cardenas, D. Warner, L. Switzer, T. C. N. Graham, G. Cimolino, and D. Fehlings, "Inpatient Exergames for Children with Cerebral Palsy following Lower Extremity Orthopedic Surgery: A Feasibility Study," *Dev. Neurorehabil.*, vol. 24, no. 4, pp. 230–236, 2021.
- [105] I. Bortone *et al.*, "Immersive Virtual Environments and Wearable Haptic Devices in rehabilitation of children with neuromotor impairments: a single-blind randomized controlled crossover pilot study," *J. Neuroeng. Rehabil.*, vol. 17, no. 1, pp. 1–14, Dec. 2020.
- [106] V. V. Gorelik, S. N. Filippova, V. S. Belyaev, and E. V. Karlova, "Efficiency of image visualization simulator technology for physical rehabilitation of children with cerebral palsy through play," *Bull. Russ. State Med. Univ.*, vol. 8, no. 4, pp. 39–46, 2019.
- [107] P. Meyns, L. Pans, K. Plasmans, L. Heyrman, K. Desloovere, and G. Molenaers, "The Effect of Additional Virtual Reality Training on Balance in Children with Cerebral Palsy after Lower Limb Surgery: A Feasibility Study," *Games Health J.*, vol. 6, no. 1, pp. 39–48, 2017.
- [108] O. Kachmar *et al.*, "Personalized balance games for children with cerebral palsy: A pilot study," *J. Pediatr. Rehabil. Med.*, vol. 14, no. 2, pp. 237–245, 2021.
- [109] J. W. Shin, G. Bin Song, and G. Hwangbo, "Effects of conventional neurological treatment and a virtual reality training program on eye-hand coordination in children with cerebral palsy," *J. Phys. Ther. Sci.*, vol. 27, no. 7, pp. 2151–2154, 2015.
- [110] D. Reid, "Changes in Seated Postural Control in Children with Cerebral Palsy Following a Virtual Play Environment Intervention: A Pilot Study," *IJOT Isr. J. Occup. Ther. / בעיסוק לריפוי ישראלי עת כתב*, 2002.
- [111] D. Tarakci, B. Ersoz Huseyinsinoglu, E. Tarakci, and A. Razak Ozdincler, "Effects of Nintendo Wii-Fit® video games on balance in children with mild cerebral palsy," *Pediatr. Int.*, vol. 58, no. 10, pp. 1042–1050, Oct. 2016.
- [112] E. Avcil, D. Tarakci, N. Arman, and E. Tarakci, "Upper extremity rehabilitation using video games in cerebral palsy: a randomized clinical trial," *Acta Neurol. Belg.*, vol. 121, no. 4, pp. 1053–1060, 2021.

Tableaux :

Tableau 1 : priorités de la rééducation des enfants paralysés cérébraux selon la HAS

Interventions en rééducation et en réadaptation	Enfants de 2 à 12 ans	Adolescents de 12 à 18 ans	Adultes de plus de 18 ans
Rééducation et réadaptation fonctionnelle conventionnelle			
Mobilisations passives : postures passives nocturnes	2	2	3
Renforcement musculaire	1	1	2
Exercices aérobie ou entraînement cardio-respiratoire à l'effort	1	1	1
Exercices basés sur le biofeedback	3	3	3
Entraînement à la marche	1	1	1
Entraînement spécifique à la marche arrière	2	2	3
Entraînement à la marche sur tapis roulant	2	2	2
Orthèse cheville-pied pour déficit moteur du pied et de la cheville	2	2	2
Orthèse cheville-pied pour déambulation avec équin	1	1	2
Programmes de rééducation et réadaptation intensive			
Thérapie par contrainte induite du mouvement (CIMT)	3	3	3
Version modifiée de la thérapie par contrainte induite du mouvement (mCIMT)	3	3	3
Entraînement intensif bimanuel main-bras (HABIT)	1	1	3
Entraînement intensif bimanuel main-bras incluant les membres inférieurs (HABIT-ILE)	1	1	3
Activité physique adaptée			
Activité physique	1	1	1
Activités sportives	1	1	1
Balnéothérapie	1	1	1
Hippothérapie	2	2	2
Rééducation robotisée et/ou informatisée			
Jeux informatiques interactifs	2	2	2
Thérapie par réalité virtuelle	2	2	2
Rééducation basée sur d'autres approches			
Thérapie miroir	3	3	3
Éducation thérapeutique du patient et de la famille	1	1	1

1 = prioritaire ; 2 = secondement prioritaire ; 3 = non prioritaire

Tableau 2 : études exclues sur la base de l'abstract

Études exclues (8)	Justification
Cho C., Hwang W., Hwang S., Chung Y. (2016)[57]	Le comparateur ne correspond pas à celui recherché dans notre revue : le tapis de marche ne reflète pas la thérapie conventionnelle.
Kassee C., Hunt C., Holmes M. W. R., Lloyd M. (2017) [58]	Le comparateur ne correspond pas à celui recherché dans notre revue : le travail en résistance du membre supérieur ne reflète pas la thérapie conventionnelle.
Kassee C, Hunt C, Holmes M.W.R. Lloyd M (2018)[59]	Pas de comparateur
Qiu Q., Ramirez D.A. Saleh S., Fluet G.G., Parikh H.D., Kelly D, Adamovich S.V. (2009)[60]	Ne correspond pas aux critères d'inclusion de notre étude (2 patients ≤ 10)
Do Nascimento N.F., Marques, J.S., Triqueiro, L.C.L, Da Silva, T.C.C., Lacerda, M.O., Lindquist, A.R.R. (2018)[61]	Article en portugais
"Efficacy of Virtual Reality in Pain Reduction in Orthopedic Pediatric Patients,"(2021)[62]	Études non terminées
"Effects of Microsoft kinetic x box game along with standard physiotherapy on motor function, dynamic balance, activities of daily living and quality of life among special children -randomized controlled trial"(2017)[63]	
"Effectiveness of Virtual Reality on Functional Mobility During Treadmill Training in Children With Cerebral Palsy"(2021)[64]	

Tableau 3 : études exclues après lecture complète

Études exclues (40)	Justification
Ren K., Gong X.M., Zhang R., Chen X.H.(2016)[65]	Articles en chinois, en slovaque ou en turc
Klobucká S., Žiaková E., Klobucký R. (2013)[66]	
Ökmen B., Aslan M., Çetin F., Yüzer G., Dönmez B., Özgirgin N. (2013)[67]	
Yoo, J. Lee D., Cha Y., You S. (2017)[68]	L'intervention ne correspond pas : EMG
Reid D. (2004)[69]	L'intervention ne correspond pas à celle de notre étude : amusement des enfants en fonction des jeux choisis
Gagliardi C., Turconi A. Biffi E., Maghini C., Marelli A., Cesareo A., Diella E., Panzeri D. (2018)[70]	Pas de comparaison
Farr W., Green D., Bremner S., Male I., Gage H., Bailey S., Speller S., Colville V., Jackson M., Memon A., Morris C. (2021)[71]	Ne correspond pas à notre comparateur : l'étude compare l'utilisation de la réalité virtuelle avec ou sans aide humaine.
Kim H., Nam K., Son S. (2019)[72]	Ne correspond pas à notre comparateur : simulateur d'équitation avec et sans réalité virtuelle (≠ thérapie conventionnelle)
Chen Y, Kang L., Chuang T., Doong J., Lee S., Tsai M., Jeng S., Sung W. (2007) [73]	Pas de comparaison, et peu de participants (4)
Bryanton C., Bossé J., Brien M., McLean, J., McCormick A., Sveistrup H. (2006)[74]	La durée de l'étude semble peu pertinente : une seule séance
Sharan D, Ajeesh P. S., Rameshkumar, R. Mathankumar, M. Paulina, R. Manjula, M. (2012)[75]	Critères de l'intervention très peu développés : durée des séances, caractéristiques des participants, critères d'inclusion
Steele E., Grimmer K., Thomas B., Mulley B., Fulton I., Hoffman H. (2003)[76]	La taille de l'échantillon ne semble pas pertinente : 1 seul patient
« Functional Strength Training and Virtual Reality in Children With CP »(2019)[77]	Résultats non publiés
« Effectiveness of virtual reality rehabilitation-based approach compared to balance-specific training and conventional training on balance function of cerebral palsy children: a randomized controlled trial » (2020)[78]	

Gatica-Rojas V., Cartes-Velásquez R., Guzmán-Muñoz E., Méndez-Rebolledo G., Soto-Poblete A., Pacheco-Espinoza A.C., Amigo-Mendoza C., Albornoz-Verdugo M., Elgueta-Cancino E. (2017)[79]	
« Is it possible to predict the effect of balance training based on networks in the brain in children with cerebral palsy? » (2016)[80]	
« The effect of a virtual reality game device on the functioning of children and adolescents with motor disabilities » (2019)[81]	
Miyake S., Takayama M., Kumashiro M., Murakami T., Hirao H., (1993)[82]	
“Is EMG-based Serious Games Effective in Improving Gait in Children With Cerebral Palsy ? Interest of Electromyography Feedback (EMG) » (2018)[83]	
“RCT on Interactive Computer Play on Trunk Control in CP »(2016)[84]	
“Training With Virtual Reality in Upper Arm Reaching of Children With Cerebral Palsy »(2020)[85]	
“Role of Virtual Reality in Hand Rehabilitation for Children With Cerebral Palsy » (2021)[86]	
“Virtual Reality Mediated Upper Extremity rehabilitation Patients With Cerebral Palsy » (2020) [87]	
“Virtual Reality Training With Sensory Integration On The Gross Motor Functions Of Lower Limb » (2020)[88]	
« the Effect of Virtual Reality on cerebral palsy » (2020) [89]	
“Serious Game-based Intervention in Gait Rehabilitation for Children With Cerebral Palsy: randomized Control Trial” (2021)[90]	
Park S., Son S., Choi J. (2021)[91]	
Ata M. (2020) [92]	
Rodrigues T., Fischer D., Cyrillo F., Campos E Silva P., Moura E., Branco L. (2012)[93]	Pas de réponse suite à la demande de l'article à l'auteur
Arnoni J., Kleiner A., Lima C., De Campos A., Rocha N. (2021)[94]	
Ata M. (2020) [95]	
Sharan D., Rajkumar J.S. (2018)[96]	Ces articles sont des extraits de conférence, et non pas des essais cliniques
Hobbs D., Russo R., Hillier S. (2016)[97]	

Ko Y., Kim H., Chio E., Lee S. (2013)[98]	Articles en entiers non retrouvés
Frenn K., Lykken, L., Abelson E., Macdonald A., Todd D., Wier S., Jensen E., Symons F., Barney C. (2019)	
Jose J., Sharan D., Rajkumar J., Balakrishnan R., Elluru L., Tiwari S. (2017) [99]	
Jha K., Karunanithi G., Sahana A., Karthikbabu S. (2021)[100]	
Sharan D., Mohandoss M., Ranganathan R. (2015)[101]	
Meyns P., Harlaar J., Van de Pol L., Barkhof F., Buizer A.(2017) [102]	Données non exploitables, article d'une page
Arnoni J., Pavão S., Dos Santos Silva, F., Rocha, N.(2019)[103]	Données non exploitables (résultats en pourcentages et non en moyennes)

Tableau 4 : études exclues selon leur score sur l'échelle PEDro

ARTICLES (9)	Échelle PEDro											Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
<p>"Inpatient Exergames for Children with Cerebral Palsy following Lower Extremity Orthopedic Surgery: A Feasibility Study" <i>Cardenas A., Warner D., Switzer L., Graham N., Cimolino G., Fehlings D. (2021)[104]</i></p>	X			X				X	X	X		4/10
<p>"Immersive Virtual Environments and Wearable Haptic Devices in rehabilitation of children with neuromotor impairments: a single-blind randomized controlled crossover pilot study" <i>Bortone I., Barsotti M., Leonardis D., Creccchi A., Tozzini A., Bonfiglio L., Frisoli A. (2020)[105]</i></p>	X	X		X				X		X		4/10
<p>"Efficiency of image visualization simulator technology for physical rehabilitation of children with cerebral palsy through play" <i>Gorelik V., Filippova S., Belyaev V., Karlova E. (2019)[106]</i></p>	X							X	X	X	X	4/10
<p>"The Effect of Additional Virtual Reality Training on Balance in Children with Cerebral Palsy after Lower Limb Surgery: A Feasibility Study" <i>Meyns P., Pans L., Plasmans K., Heyrman L., Desloovere K., Molenaers G. (2017)[107]</i></p>	X											0/10
<p>" Personalized balance games for children with cerebral palsy: A pilot study" <i>Kachmar O., Kushnir A., Fedchyshyn B., Cristiano J., O'Flaherty J., Helland K., Johnson G., Puig D. (2021)[108]</i></p>	X	X		X				X		X		4/10
<p>"Effects of conventional neurological treatment and a virtual reality training program on eye-hand coordination in children with cerebral palsy » <i>Shin J., Song G., Hwangbo G. (2015)[109]</i></p>	X			X				X	X	X		4/10
<p>"Changes in Seated Postural Control in Children with Cerebral Palsy Following a Virtual Play Environment Intervention: A Pilot Study" <i>Reid D. (2002)[110]</i></p>		X					X	X	X			4/10
<p>"Effects of Nintendo Wii-Fit® video games on balance in children with mild cerebral palsy" <i>Tarakci D., Ersoz Huseyinsinoglu B., Tarakci E., Razak Ozdincler A. (2016)[111]</i></p>	X	X	X							X	X	4/10
<p>"Upper extremity rehabilitation using video games in cerebral palsy: a randomized clinical trial" <i>Avcil E., Tarakci D., Arman N., Tarakci E. (2021)[112]</i></p>	X	X		X						X	X	4/10

Tableau 5 : caractéristiques des études incluses

	“Effectiveness of the virtual reality on cognitive function of children with hemiplegic cerebral palsy: A single-blind randomized controlled trial” Aran O., Şahin S., Köse B., Ağce Z., Kayıhan H. (2020)[37]	“The Effects of Virtual Reality on Motor Functions and Daily Life Activities in Unilateral Spastic Cerebral Palsy” Aahin S., Köse B., Aran O., Bahadlr Ağce Z., Kaylhan H. (2020)[38]	“Upper limb training using Wii Sports Resort™ for children with hemiplegic cerebral palsy” Chiu H., Ada L., Lee H. (2014)[39]	“Wii Sport versus task-oriented training on gait in unilateral cerebral palsy” Abo-Zaid N., Helmy N., Elsayed N., Mohammed A. (2021)[40]	“Impact of virtual reality games as an adjunct treatment tool on upper extremity function of spastic hemiplegic children” Bedair R., Al-Talawy H., Shoukry K., Abdul-Raouf E. (2016)[41]
Type d'étude	Essai clinique randomisé	Essai clinique randomisé	Essai clinique randomisé	Essai clinique randomisé	Essai clinique randomisé
Population	90 enfants atteints de PC spastique hémiplégique	60 patients atteints de PC spastique hémiplégique	57 enfants atteints de PC spastique hémiplégique	60 patients atteints de PC spastique hémiplégique	40 patients atteints de PC spastique hémiplégique
Critères d'inclusion	<ul style="list-style-type: none"> - Consentement écrit - 7 à 12 ans - GMFCS I ou II - MACS I, II ou III - Être capable de suivre des instructions verbales 	<ul style="list-style-type: none"> - 7 à 16 ans - Score Mini-mental state examination for children >24 - MACS I-II - GMFCS I-II-III - Être capable de suivre des instructions verbales 	<ul style="list-style-type: none"> - Diagnostic de PC effectué avant l'âge de 5 ans - 6 à 13 ans - Paralysie spastique hémiplégique - Contrôle manuel suffisant pour maintenir la manette - score GMFCS de I à V 	<ul style="list-style-type: none"> - 8-12 ans - GMFCS I-II - Spasticité légère à modérée sur l'échelle d'Ashworth modifiée - Médicalement et psychologiquement stable - Être capable de suivre des instructions verbales 	<ul style="list-style-type: none"> - Consentement écrit - Diagnostic PC spastique hémiplégique - 5 à 10 ans - Spasticité du membre supérieur sur l'échelle Ashworth modifiée cotée à 1+ ou 2 - Être capable de suivre des instructions verbales - Mobilité passive de l'épaule complète - GMFCS I-II

Critères d'exclusion	<ul style="list-style-type: none"> - Chirurgie orthopédique ou injection de toxine botulique dans les 6 derniers mois - Diagnostic de trouble visuel ou auditif - Participation à un autre essai clinique durant l'intervention 	<ul style="list-style-type: none"> - Chirurgie orthopédique ou injection de toxine botulique dans les 6 derniers mois - Refus de participation - Participation à un autre essai clinique durant l'intervention 	<ul style="list-style-type: none"> - Trouble visuel/cognitif empêchant la participation aux séances 	<ul style="list-style-type: none"> - Trouble visuel ou auditif - Antécédents de crise d'épilepsie - Déformation orthopédique du membre inférieur interférant avec la marche - Chirurgie des membres inférieurs < 1 an - Patients avec un état de santé instable : troubles cardio, retard mental, non-coopération 	<ul style="list-style-type: none"> - QI < 70 sur l'échelle de Stanford Binet - Trouble cognitif, auditif ou visuel interférant avec l'étude - Chirurgie tendineuse < 1 an
Intervention	<p>Groupe expérimental</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 45 enfants → réalité virtuelle (Microsoft Kinect pour PC) + TOT <p>Utilisation de 4 jeux différents (jet run, boxing</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 30 patients → Réalité virtuelle (microsoft Kinect pour PC) + TOT <p>Utilisation de 5 jeux différents (air challenge, boxing trainer, wall breaker, jet run, super kick)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 30 patients → Wii sport resort (à la maison) + thérapie conventionnelle <p>Séances réalisées debout ou assis en fonction des possibilités.</p> <p>Utilisation de 4 jeux différents (bowling, air sports, frisbee, basketball) permettant</p>	<p>Groupe contrôle G1</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 20 patients → 60 minutes de thérapie neuro-développementale axée sur l'équilibre, le transfert de poids, le contrôle du tronc, la marche, les étirements des muscles spastiques. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 20 patients → 30min réalité virtuelle avec la Xbox Kinect + 60min de thérapie conventionnelle axée sur l'utilisation du membre supérieur <p>Utilisation de 6 jeux différents (tennis, bowling, golf, space pop, bubbles, boat driving), permettant le</p>

		<p>trainer, air challenge, superkick) nécessitant l'utilisation de capacités cognitives telles que le temps de réaction, l'orientation spatiale, la praxie.</p>		<p>l'utilisation des membres supérieurs ; avec 10min de chaque jeu par séance.</p> <p>Un thérapeute supervisait 1 séance par semaine ; et après explications, les parents supervisaient les 2 autres séances.</p>	<p>Groupe de réalité virtuelle G2</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 20 patients → 30min de thérapie neuro-développementale appliquée au groupe contrôle + 30min de réalité virtuelle avec la Nintendo Wii 	<p>travail de coordination œil-main, la régulation de la force et du balancement des bras ; chaque jeu durant 10min.</p> <p>L'hétérogénéité des jeux permet l'utilisation des membres supérieurs de façon unilatérale et bilatérale.</p>
	Groupe contrôle	<ul style="list-style-type: none"> ○ 45 patients → TOT : thérapie conventionnelle <p>éveloppement des fonctions cognitives, de communication, d'interaction avec l'environnement et de l'indépendance</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 30 patients →TOT, thérapie neuro-développementale axée sur l'amélioration des tâches de la vie quotidienne (s'habiller, se nourrir, écrire, dessiner) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 27 patients → Thérapie conventionnelle axée sur l'utilisation des membres supérieurs. 	<p>Groupe de thérapie conventionnelle G3</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 20 patients → 30min de thérapie neuro-développementale appliquée au groupe contrôle + 30min d'exercices orientés sur les tâches (avec chaises, steppers et escaliers de hauteurs différentes) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 20 patients → 30min réalité virtuelle avec la Xbox Kinect + 60min de thérapie conventionnelle axée sur l'utilisation du membre supérieur <p>Utilisation de 6 jeux différents (tennis, bowling, golf, space pop, bubbles, boat driving), permettant le travail de coordination œil-main, la régulation de la force et du balancement des bras ; chaque jeu durant 10min.</p>

		e dans les activités de la vie quotidienne				L'hétérogénéité des jeux permet l'utilisation des membres supérieurs de façon unilatérale et bilatérale.
Critères de jugement	Dynamic Occupational Therapy Cognitive Assessment for Children (DOTCA-Ch). Les mesures ont été réalisées au début et à la fin de l'étude (à 10 semaines)	<ul style="list-style-type: none"> - Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency Short Form (BOTMP-SF) - WeeFunctional Independence Measure (WeeFIM) <p>Les mesures ont été réalisées au début et à la fin de l'étude (8 semaines).</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Coordination (ratio cible/réponse) mesurée - Force de préhension : contraction isométrique maximale (PowerTrack II) - Nine-hole Peg Test - Jebsen-Taylor Test of Hand Function - Functional Use Survey pour mesure « carer's perception of hand function » <p>Les mesures ont été réalisées au début et à la fin de l'étude (6 semaines), ainsi qu'à 12 semaines (soit 6 semaines après la fin de l'étude)</p>	CLIMA (système d'évaluation de la marche par vidéo) : phase d'élan, répartition du poids, longueur foulée, longueur pas et cadence	<ul style="list-style-type: none"> - Peabody Developmental scale-2 (PDMS-2) : seules la manipulation d'objets et l'intégration visuo-motrice ont été testées - Abilhand Kids questionnaire 	
Durée de l'étude	2 jours par semaine pendant 10 semaines, durée d'une séance : 45min	2 jours par semaine pendant 8 semaines, durée d'une séance : 45min	3 jours par semaine pendant 6 semaines, durée d'une séance : 40min. Un suivi de 6 semaines a été réalisé après la fin de l'étude	3 jours par semaine durant 4 mois, durée d'une séance : 1h	3 jours par semaine durant 4 mois. Durée d'une séance : 1h pour le groupe contrôle, 1h30 pour le groupe expérimental	

Tableau 6 : résultats de l'étude Aran et al. (2020)[37]

Aran et al. (2020)[37]	Résultats pré-intervention (moyenne ± écart type)	Résultats post-intervention (moyenne ± écart type)	Taille d'effet intergroupe [IC]	p	Taille d'effet par la différence des chgts pré-post trt
Échelle DOTCA-Ch					
Orientation	GE : 3.81 ± 2.26 GC : 3.09 ± 2.15	GE : 4,44 ± 2,15 GC : 3,68 ± 3,18	+ 0,76 [- 0,38 ; + 1,90]	0,044	(4,44-3,68) -(3,81-3,09) = 0,04
Perception spatiale	GE : 8.72 ± 2.09 GC : 8.90 ± 1.79	GE : 9,99 ± 1,77 GC : 9,41 ± 2,88	+ 0,58 [- 0,42 ; + 1,58]	0,0001	(9,99-9,41) -(8,72-8,9) = 0,76
Praxie	GE : 5.27 ± 2.09 GC : 5.09 ± 1.55	GE : 7,09 ± 1,77 GC : 5,99 ± 1,32	+ 1,1 [+0,45 ; + 1,75]	0,0001	(7,09-5,99) – (5,27-5,09) = 0,92
Construction visuo-motrice	GE : 15.72 ± 8.51 GC : 15.54 ± 8.75	GE : 20,64 ± 7,77 GC : 18,16 ± 8,93	+ 2,48 [-1,03 ; + 5,99]	0,0001	(20,64-18,16) – (15,72-15,54) = 2,3
Opération cognitives	GE : 17.63 ± 9.30 GC : 17.45 ± 9.39	GE : 19,45 ± 8,33 GC : 19,04 ± 8,24	+ 0,41 [- 3,06 ; + 3,88]	0,036	(19,45-19,04) - (17,63-17,45) = 0,23

GE : groupe expérimental

GC : groupe contrôle

Tableau 7 : résultats de l'étude *Ahin et al. (2020)* [38]

<i>Ahin et al. (2020)</i> [38]	Résultats pré-intervention (moyenne ± écart type)	Résultats post-intervention (moyenne ± écart type)	Taille d'effet intergroupe [IC]	p	Taille d'effet par la différence des chgts pré-post trt
Échelle BOTMP					
Total	GE : 35.46 ± 20.29 GC : 36.36 ± 19.83	GE : 69.96 ± 34.42 GC : 45.10 ± 18.14	+ 24,86 [+ 10,64 ; + 39,08]	0,0001	(69,96-45,10) -(35,46-36,36) = 25,76
1 : vitesse course + agilité	GE : 4.30 ± 4.64 GC : 4.26 ± 4.61	GE : 6.33 ± 5.26 GC : 5.00 ± 4.18	+ 1,33 [- 1,13 ; + 3,79]	0,0001	(6,33-5,00) -(4,30-4,26) = 1,29
2 : équilibre	GE : 6.26 ± 3.62 GC : 6.40 ± 3.56	GE : 7.30 ± 3.32 GC : 7.43 ± 2.88	- 0,13 [- 1,74 ; + 1,48]	0,045	(7,30-7,43) -(6,26-6,40) = 0,01
3 : coordination bilatérale	GE : 2.53 ± 2.41 GC : 2.63 ± 2.42	GE : 2.83 ± 2.29 GC : 3.43 ± 2.32	- 0,6 [- 1,79 ; + 0,59]	0,751	(2,83-3,43) -(2,53-2,63) = -0,5
4 : force	GE : 3.40 ± 2.35 GC : 3.50 ± 2.23	GE : 5.03 ± 2.57 GC : 4.03 ± 1.93	+ 1 [- 0,17 ; + 2,17]	0,0001	(5,03-4,03) -(3,4-3,5) = 1,1
5 : coordination MS	GE : 2.10 ± 2.12 GC : 2.26 ± 2.09	GE : 3.46 ± 2.22 GC : 2.90 ± 2.24	+ 0,56 [- 0,59 ; + 1,71]	0,052	(3,46-2,90) -(2,10-2,26) = 0,72
6 : fonction motrice fine	GE : 6.23 ± 5.21 GC : 6.20 ± 5.20	GE : 7.80 ± 5.96 GC : 7.16 ± 4.5	+ 0,64 [- 2,09 ; + 3,37]	0,095	(7,8-7,16) -(6,23-6,2) = 0,61
7 : contrôle moteur visuel	GE : 8.20 ± 6.60 GC : 8.53 ± 6.45	GE : 10.00 ± 6.59 GC : 11.73 ± 8.11	- 1,73 [- 5,55 ; + 2,09]	0,17	(10,00-11,73) -(8,20-8,53) = -1,4

8 : vitesse et dextérité MS	GE : 2.43 ± 1.71 GC : 2.56 ± 1.73	GE : 3.43 ± 2.31 GC : 3.43 ± 2.14	0 [- 1,15 ; + 1,15]	0,26	(3,43-3,43) -(2,43-2,56) = 0,13
Total fonction motrice globale	GE : 16.50 ± 10.60 GC : 16.80 ± 10.35	GE : 31.63 ± 16.21 GC : 19.86 ± 8.32	+ 11,77 [+ 5,11 ; + 18,43]	0,0001	(31,63-19,86) -(16,50-16,80) = 12,07
Total fonction motrice fine	GE : 16.86 ± 11.41 GC : 17.30 ± 11.11	GE : 34.66 ± 20.59 GC : 22.33 ± 11.79	+ 12,33 [+ 3,66 ; + 21,00]	0,0001	(34,66-22,33) -(16,86-17,30) = 12,77
WeeFim					
Total	GE : 103.06 ± 15.04 GC : 102.56 ± 14.88	GE : 112.96 ± 10.20 GC : 104.70 ± 13.67	+ 8,26 [+ 2,03 ; + 14,49]	0,0001	(112,96-104,70) -(103,06-102,56) = 7,76
1 : self care	GE : 26.33 ± 7.33 GC : 26.23 ± 7.22	GE : 30.46 ± 5.27 GC : 26.86 ± 6.68	+ 3,6 [+ 0,49 ; + 6,71]	0,0001	(30,46-26,86) -(26,33-26,23) = 3,5
2 : contrôle sphincters	GE : 13.80 ± 0.61 GC : 13.46 ± 1.16	GE : 14.00 ± 0.45 GC : 13.66 ± 0.92	+ 0,34 [- 0,03 ; + 0,71]	0,75	(14-13,66) -(13,8-13,46) = 0
3 : transferts	GE : 18.36 ± 3.22 GC : 18.03 ± 3.79	GE : 19.00 ± 3.97 GC : 18.53 ± 3.22	+ 0,47 [- 1,40 ; + 2,34]	0,013	(19,00-18,53) -(18,36-18,03) = 0,14
4 : locomotion	GE : 15.25 ± 4.23 GC : 15.00 ± 3.75	GE : 16.86 ± 3.15 GC : 15.60 ± 3.66	+ 1,26 [- 0,50 ; + 3,02]	0,008	(16,86-15,60) -(15,25-15,00) = 1,01
5 : communication	GE : 11.76 ± 2.73 GC : 11.70 ± 2.70	GE : 12.96 ± 2.10 GC : 11.96 ± 2.49	+ 1 [- 0,19 ; + 2,19]	0,28	(12,96-11,96) -(11,76-11,70) = 0,94
6 : social cognition	GE : 17.80 ± 3.60 GC : 17.76 ± 3.69	GE : 19.00 ± 2.88 GC : 18.06 ± 3.50	+ 0,94 [- 0,72 ; + 2,60]	0,024	(19,00-18,06) -(17,80-17,76) = 0,9

GE : groupe expérimental

GC : groupe contrôle

Tableau 8 : résultats de l'étude *Chiu et al.* (2014) [39]

<i>Chiu et al.</i> (2014) [39]	Résultats (moyenne ± écart type)			Taille d'effet intergroupe [IC]		p	Taille d'effet par la différence des chgts pré-post trt
	S0	S6	S12	S6	S12		
Coordination épaule	GE : 0,26 ± 0,18 GC : 0,30 ± 0,22	GE : 0,28 ± 0,20 GC : 0,28 ± 0,21	GE : 0,26 ± 0,21 GC : 0,25 ± 0,20	0 [- 0,11 ; + 0,11]	+ 0,01 [- 0,10 ; + 0,12]	S6 : 0,30 S12 : 0,15	S6 : (0,28-0,28) -(0,26-0,30) = 0,04 S12 : (0,26-0,25) -(0,28-0,28) = 0,01
Coordination doigts	GE : 0,17 ± 0,18 GC : 0,15 ± 0,17	GE : 0,17 ± 0,17 GC : 0,16 ± 0,18	GE : 0,18 ± 0,16 GC : 0,16 ± 0,18	+ 0,01 [- 0,08 ; + 0,10]	+ 0,02 [- 0,07 ; + 0,11]	S6 : 0,54 S12 : 0,92	S6 : (0,17-0,16) -(0,17-0,15) = - 0,01 S12 : (0,18-0,16) -(0,17-0,16) = 0,01
Force de préhension	GE : 23,5 ± 21,5 GC : 26,0 ± 17,8	GE : 28,3 ± 22,3 GC : 26,9 ± 21,3	GE : 29,7 ± 23,3 GC : 29,4 ± 21,4	+ 1,4 [- 9,91 ; + 12,71]	+ 0,3 [- 11,62 ; + 12,22]	S6 : 0,10 S12 : 0,19	S6 : (28,3-26,9) -(23,5-26,0) = 3,9 S12 : (29,7-29,4) -(28,3-26,9) = - 1,1
Nine-hole Peg Test	GE : 0,10 ± 0,09 GC : 0,12 ± 0,10	GE : 0,10 ± 0,09 GC : 0,13 ± 0,11	GE : 0,11 ± 0,11 GC : 0,13 ± 0,11	- 0,03 [- 0,08 ; + 0,02]	- 0,02 [- 0,08 ; + 0,04]	S6 : 0,91 S12 : 0,34	S6 : (0,1-0,13) -(0,1-0,12) = -0,01 S12 : (0,11-0,13) -(0,10-0,13) = 0,01
Jebson-Taylor Test of Hand Function	GE : 0,21 ± 0,14 GC : 0,22 ± 0,15	GE : 0,26 ± 0,18 GC : 0,27 ± 0,20	GE : 0,31 ± 0,19 GC : 0,34 ± 0,21	- 0,01 [- 0,11 ; + 0,09]	- 0,03 [- 0,14 ; + 0,08]	S6 : 0,89 S12 : 0,46	S6 : (0,26-0,27) -(0,21-0,22) = 0 S12 : (0,31-0,34) -(0,26-0,27) = - 0,02
Perception des soignants de la fonction de la main au niveau quantitatif	GE : 28,1 ± 17,9 GC : 34,0 ± 16,9	GE : 32,7 ± 15,9 GC : 32,6 ± 13,4	GE : 35,6 ± 15,8 GC : 33,8 ± 15,5	+ 0,1 [- 7,56 ; + 7,76]	+ 1,8 [- 6,52 ; + 10,12]	S6 : 0,16 S12 : 0,23	S6 : (32,7-32,6) -(28,1-34,0) = 6 S12 : (35,6-33,8) -(32,7-32,6) = 1,7

Perception des soignants de la fonction de la main au niveau qualitatif	GE : 30,1 ± 17,6 GC : 34,7 ± 14,9	GE : 34,0 ± 16,7 GC : 34,5 ± 14,9	GE : 34,8 ± 13,4 GC : 35,3 ± 14,5	- 0,5 [- 9,15 ; + 8,15]	- 0,5 [- 7,91 ; + 6,91]	S6 : 0,16 S12 : 0,23	S6 : (34,0-34,5) -(30,1-34,7) = 4,1 S12 : (34,8-35,3) -(34,0-34,5) = 0
--	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	----------------------------	----------------------------	--	---

GE = groupe expérimental

GC = groupe contrôle

Tableau 9 : résultats de l'étude *Abo-Zaid et al. (2021)*[40]

<i>Abo-Zaid et al. (2021)</i> [40]		Résultats pré-intervention (moyenne ± écart type)	Résultats post-intervention (moyenne ± écart type)	Taille d'effet intergroupe [IC]	p	Taille d'effet par la différence des chgts pré-post trt
Paramètres de la marche (CLIMA)						
Phase oscillante	Conv vs VR	GE : 47.08 ± 1.99 GC : 47.38 ± 2.2	GE : 44.92 ± 1.29 GC : 45.87 ± 1.5	- 0,95 [- 1,85 ; - 0,05]	0,0443	(44,92-45,87) -(47,08-47,38) = -0,65
	TOT vs VR	GE : 47.08 ± 1.99 GT : 46.82 ± 2.6	GE : 44.92 ± 1.29 GC : 42.89 ± 0.77	+ 2,03 [+ 1,35 ; + 2,71]	<0,0001	(44,92-42,89) -(47,08-46,82) = 1,77
Phase d'appui	Conv vs VR	GE : 52.92 ± 1.99 GC : 52.62 ± 2.2	GE : 55.08 ± 1.3 GC : 54.13 ± 1.5	+ 0,95 [+ 0,05 ; + 1,85]	0,0443	(55,08-54,13) -(52,92-52,62) = 0,65
	TOT vs VR	GE : 52.92 ± 1.99 GT : 53.18 ± 2.6	GE : 55.08 ± 1.3 GC : 57.12 ± 0.77	- 2,04 [- 2,72 ; - 1,36]	<0,0001	(55,08-57,12) -(52,92-53,18) = -1,78
Longueur foulée	Conv vs VR	GE : 0.61 ± 0.05 GC : 0.63 ± 0,05	GE : 0.69 ± 0.036 GC : 0.65 ± 0,04	+ 0,04 [+ 0,02 ; + 0,06]	0,0455	(0,69-0,65) -(0,61-0,63) = 0,06
	TOT vs VR	GE : 0.61 ± 0.05 GT : 0.61 ± 0.03	GE : 0.69 ± 0.036 GC : 0.72 ± 0.035	- 0,03 [- 0,05 ; - 0,01]	0,0250	(0,69-0,72) -(0,61-0,61) = -0,03
Longueur pas	Conv vs VR	GE : 0.306 ± 0.027 GC : 0.314 ± 0.02	GE : 0.34 ± 0.018 GC : 0.32 ± 0.02	+ 0,02 [+ 0,01 ; + 0,03]	0,0257	(0,34-0,32) -(0,306-0,314) = 0,028
	TOT vs VR	GE : 0.306 ± 0.027 GT : 0.308 ± 0.016	GE : 0.34 ± 0.018 GC : 0.358 ± 0.018	- 0,018 [- 0,03 ; - 0,01]	0,0467	(0,34-0,358) -(0,306-0,308) = -0,016
Cadence	Conv vs VR	GE : 83.91 ± 3.621 GC : 82.72 ± 4.874	GE : 87.13 ± 3.025 GC : 84.4 ± 3.965	+ 2,73 [+ 0,47 ; + 4,99]	0,0357	(87,13-84,4) -(83,91-82,72) = 1,54
	TOT vs VR	GE : 83.91 ± 3.621 GT : 84.79 ± 1.374	GE : 87.13 ± 3.025 GC : 91.15 ± 3.94	- 4,02 [- 6,27 ; - 1,77]	0,0059	(87,13-91,15) -(83,91-84,79) = -3,14

GE = groupe expérimental ; GC = groupe contrôle ; GT = groupe TOT

Tableau 10 : résultats de l'étude *Bedair et al.* (2016)[41]

<i>Bedair et al.</i> (2016)[41]	Résultats pré-intervention (moyenne ± écart type)	Résultats post-intervention (moyenne ± écart type)	Taille d'effet intergroupe [IC]	p	Taille d'effet par la différence des chgts pré- post trt
Échelle Abilhand	GE : -0.594 ± 0.95 GC : -0.451 ± 1.06	GE : 1.546 ± 1.13 GC : 0.65 ± 0.866	+ 0,896 [+ 0,25 ; + 1,54]	0,008	(1,546-0,65) -(-0,594+0,451) = 1,039
Peabody Developmental scale-2					
Visual/motor	GE : 88.7 ± 17.8 GC : 79.3 ± 14.4	GE : 112.35 ± 16.8 GC : 93.65 ± 15.52	+ 18,7 [+ 8,35 ; + 29,05]	0,001	(112,35-93,65) -(88,7-79,3) = 9,3
Object manipulation	GE : 22.23 ± 4.39 GC : 19.38 ± 4.28	GE : 33.7 ± 6.77 GC : 28.75 ± 7.23	+ 4,95 [+ 0,47 ; + 9,43]	0,032	(33,7-28,75) -(22,23-19,38) = 2,1

GE : groupe expérimental

GC : groupe contrôle

ANNEXES

Annexe 1 : échelle PEDro

Échelle PEDro

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 2 : échelle DOTCA-Ch

DOTCA - Ch

Dynamic Occupational Therapy Cognitive Assessment for Children

Scoring Sheet

(circle the appropriate numbers)

Date: _____ Child id: _____ Tester Name: _____

Date of Birth: _____ Grade/class: _____

ORIENTATION						
		a	b	c	d	Total
1.	Orientation for place	0 1 2	0 1 2	0 1 2	0 1 2	
2.	Orientation for time	0 1 2	0 1 2	0 1 2	0 1 2	

SPATIAL PERCEPTION											
3.	Directions on Child's Body (questions a-d)										
	Score Before/After Mediation					Mediation score					
	Before		After			General Intervention	General Feedback	Specific Feedback	Structured Category		
	a.	0	1	0	1	a.	1	2	3	4	
	b.	0	1	0	1	b.	1	2	3	4	
	c.	0	1	0	1	c.	1	2	3	4	
Total		Total									
4.	Spatial Relations between Child and Objects in Near Space (questions a-d)										
	Score Before/After Mediation					Mediation score					
	Before		After			General Intervention	General Feedback	Specific Feedback	Structured Category		
	a.	0	1	0	1	a.	1	2	3	4	
	b.	0	1	0	1	b.	1	2	3	4	
	c.	0	1	0	1	c.	1	2	3	4	
Total		Total									
5.	Spatial Relations on a Picture (questions a-d)										
	Score Before/After Mediation					Mediation score					
	Before		After			General Intervention	General Feedback	Specific Feedback	Structured Category	Reduced Amount	
	a.	0	1	0	1	a.	1	2	3	4	5
	b.	0	1	0	1	b.	1	2	3	4	5
	c.	0	1	0	1	c.	1	2	3	4	5
Total		Total									

Dynamic Occupational Therapy Cognitive Assessment for Children

PRAXIS												
6. Motor Imitation (questions a-l)												
Score Before/After Mediation							Mediation score					
Before			After				General Intervention	General Feedback	Specific Feedback	Structured Category	Reduced Amount	
a.	0	1	2	0	1	2	a.	1	2	3	4	5
b.	0	1	2	0	1	2	b.	1	2	3	4	5
c.	0	1	2	0	1	2	c.	1	2	3	4	5
d.	0	1	2	0	1	2	d.	1	2	3	4	5
e.	0	1	2	0	1	2	e.	1	2	3	4	5
f.	0	1	2	0	1	2	f.	1	2	3	4	5
g.	0	1	2	0	1	2	g.	1	2	3	4	5
h.	0	1	2	0	1	2	h.	1	2	3	4	5
i.	0	1	2	0	1	2	i.	1	2	3	4	5
j.	0	1	2	0	1	2	j.	1	2	3	4	5
k.	0	1	2	0	1	2	k.	1	2	3	4	5
l.	0	1	2	0	1	2	l.	1	2	3	4	5
Total			Total									
7. Utilization of Objects (questions a-e)												
Score Before/After Mediation							Mediation score					
Before			After				General Intervention	General Feedback	Specific Feedback	Structured Category	Reduced Amount	
			T*			T*						
a.	0	1	2	0	1	2	a.	1	2	3	4	5
b.	0	1	2	0	1	2	b.	1	2	3	4	5
c.	0	1	2	0	1	2	c.	1	2	3	4	5
d.	0	1	2	0	1	2	d.	1	2	3	4	5
e.	0	1	2	0	1	2	e.	1	2	3	4	5
Total			Total									
8. Symbolic Actions (questions a-e)												
Score Before/After Mediation							Mediation score					
Before			After				General Intervention	General Feedback	Specific Feedback	Structured Category	Reduced Amount	
a.	0	1	2	0	1	2	a.	1	2	3	4	5
b.	0	1	2	0	1	2	b.	1	2	3	4	5
c.	0	1	2	0	1	2	c.	1	2	3	4	5
d.	0	1	2	0	1	2	d.	1	2	3	4	5
e.	0	1	2	0	1	2	e.	1	2	3	4	5
Total			Total									

* T= Time

Notes: _____

VISUOMOTOR CONSTRUCTION													
	Before/After Mediation						T*	Mediation score					
								General Intervention	General Feedback	Specific Feedback	Structured Category	Reduced Amount	
9. Copy Geometric Forms	Before	1	2	3	4	5		a.	1	2	3	4	5
	Memory	1	2	3	4	5		b.	1	2	3	4	5
	After	1	2	3	4	5		c.	1	2	3	4	5
	Delayed	1	2	3	4	5		d.	1	2	3	4	5
								e.	1	2	3	4	5
10. Two - Dimensional Model	Before	1	2	3	4	5							
	Memory	1	2	3	4	5			1	2	3	4	5
	After	1	2	3	4	5							
	Delayed	1	2	3	4	5							
11. Pegboard Construction	Before	1	2	3	4	5							
	Memory	1	2	3	4	5			1	2	3	4	5
	After	1	2	3	4	5							
	Delayed	1	2	3	4	5							
12. Colored Block Design	Before	1	2	3	4	5							
	Memory	1	2	3	4	5			1	2	3	4	5
	After	1	2	3	4	5							
	Delayed	1	2	3	4	5							
13. Plain Block Design	Before	1	2	3	4	5							
	Memory	1	2	3	4	5			1	2	3	4	5
	After	1	2	3	4	5							
	Delayed	1	2	3	4	5							
14. Puzzle	Before	1	2	3	4	5							
	After	1	2	3	4	5			1	2	3	4	5
15. Clock Drawing	Before	1	2	3	4	5							
	After	1	2	3	4	5			1	2	3	4	5

* T=Time

Notes: _____

Dynamic Occupational Therapy Cognitive Assessment for Children

THINKING OPERATIONS												
		Before/After Mediation					T*	Mediation score				
								General Intervention	General Feedback	Specific Feedback	Structured Category	Reduced Amount
16. Categorization	Before	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
	After	1	2	3	4	5						
17. ROC- Unstructured	Before	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
	After	1	2	3	4	5						
18. ROC - Structured	Before	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
	After	1	2	3	4	5						
19. Pictorial Sequence - A	Before	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
	After	1	2	3	4	5						
20. Pictorial Sequence - B	Before	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
	After	1	2	3	4	5						
21. Geometric Sequences A	Before	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
	After	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
22. Geometric Sequences B	Before	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
	After	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5

* T=Time

Important Note: Any total score that sums up to zero substitute the score to 1 for statistical reasons.

Notes: _____

General Assessment, notes and unusual performance: _____

Fiche individuelle

20

NOM _____ Prénom _____

Date de naissance _____ Date du test _____ Âge _____

Forme courte													
Sous test 1 motricité fine: précision													
3	Dessiner une ligne dans un chemin tortu	Score Brut	Rang %							Point Score			
		Point	0	1	2	3	4	5	6		7		
6	Plier une feuille de papier	Score Brut	Rang %							Point Score			
		Point	0	1	2	3	4	5	6		7		
Sous test 2 motricité fine: intégration													
2	Copier un carré	Basic Shape	Closure	Edges	Orientation	Overlap	Overall Size	Score Brut	Point Score				
		0 1	0 1	0 1	0 1		0 1	points					
7	Copier une étoile	Basic Shape	Closure	Edges	Orientation	Overlap	Overall Size	Score Brut	Point Score				
		0 1	0 1	0 1	0 1		0 1	points					
Sous test 3 Dextérité manuelle													
2	Transférer des pièces	Score Brut	Rang %							Point Score			
		Point	0	1	2	3	4	5	6		7	8	9
Sous test 4 Coordination bimanuelle													
3	Sauter sur place à l'ambie	Score Brut	Rang %				Point Score						
		Point	0	1	2	3							
6	Frapper index et pied du même côté, simultanément	Score Brut	Rang %					Point Score					
		Point	0	1	2	3	4						
Sous test 5 Équilibre													
2	Marcher vers l'avant sur une ligne	Score Brut	Rang %				Point Score						
		Point	0	1	2	3		4					
7	Équilibre sur une jambe sur la poutre, yeux ouverts	Score Brut	Rang %				Point Score						
		Point	0	1	2	3		4					
Sous test 6 Vitesse course-agilité													
3	Sauts à cloche-pied sur place	Score Brut	Rang %										Point Score
		Point	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Sous test 7 Coordination bilatérale													
1	Lâcher et rattraper une balle à deux mains	Score Brut	Rang %					Point Score					
		Point	0	1	2	3	4		5				
6	Débiller une balle en alternant les mains	Score Brut	Rang %							Point Score			
		Point	0	1	2	3	4	5	6		7		
Sous test 8 Force													
2a	Pompes à genoux	Score Brut	Rang %									Point Score	
		Point	0	1	2	3	4	5	6	7	8		9
2b	Pompes complètes	Score Brut	Rang %									Point Score	
		Point	0	1	2	3	4	5	6	7	8		9
3	Coucher assis	Score Brut	Rang %									Point Score	
		Point	0	1	2	3	4	5	6	7	8		9

Notes & Observations _____

Total Point Score Short Form (max = 88)

Total des points _____ Score standard _____ Rang % _____ Catégorie _____
 (tab. B.8-B.13) (tab. B.8-B.13) (tab. C.13)

Annexe 4 : échelle WeeFIM



WeeFIM® - Score Sheet
Brain Injury

Use this form for lifetime care

Name: _____ Date of birth: ____ / ____ / ____ Age: ____ months
 Date of assessment: _____ *Use norms overleaf for children 3 to 8 yrs.
 Hospital/unit: _____
 Date of motor accident: _____
 Method of administration: Direct observation Interview with: _____

Area	Score	Age norm	Is score due to the brain injury?	Explain reasons for giving this score
SELF CARE				
1.Eating			<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	
2.Grooming			<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	
3.Bathing			<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	
4.Dressing– Upper Body			<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	
5.Dressing– Lower Body			<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	
SPHINCTER CONTROL				
6.Toileting			<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	
7.Bladder management			<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	
8.Bowel management			<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	
Self-care subtotal				
TRANSFERS				
9.Transfers: Chair/Wheelchair			<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	Mode: W– Walk C- Wheelchair B- Both
10.Transfers: Toilet			<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	
11.Transfers: Tub/Shower			<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	
LOCOMOTION				
12.Locomotion: Walk/ Wheelchair/Crawl			<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	Mode: W – Walk C- Wheelchair L- Crawl B- Both
13.Locomotion: Stairs			<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	
Mobility subtotal				

Area	Score	Age norm	Is score due to the brain injury?	Explain reasons for giving this score
COMMUNICATION				
14.Comprehension			<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	Mode: A – Auditory V - Visual C - Both
15.Expression			<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	Mode: V – Vocal N - Non-vocal B - Both
SOCIAL COGNITION				
16.Social interaction			<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	
17.Problem solving			<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	
18.Memory			<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	
Cognition subtotal				
WeeFIM® TOTAL				

Administered by: _____ WeeFIM® credentialed: Yes No
 Qualification: _____ Date of assessment: _____

WeeFIM® LEVELS

NO HELPER

- 7 Complete Independence (Timely, Safely)
- 6 Modified Independence (Device)

HELPER – Modified Dependence

- 5 Supervision
- 4 Minimal assistance (subject = 75% or more)
- 3 Moderate assistance (subject = 50% or more)

Helper – Complete Dependence

- 2 Maximal assistance (subject = 25% - 49%)
- 1 Total assistance (subject = 0% - 24%)

Contact details for enquiries:

www.icare.nsw.gov.au
 Phone: 1300 738 586
 Fax: 1300 738 583
 Email: enquiries.lifetimecare@icare.nsw.gov.au

Once completed please e-mail this form to: requests.lifetimecare@icare.nsw.gov.au and include the following in the subject header: WeeFIM [Person's name and number] [Coordinator name]

Annexe 5 : échelle Functional Use Survey

Appendix I: Caregiver Functional Use Survey

Bimanual tasks and scoring guidelines used with the caregiver survey for how frequently and how well children used the involved upper extremity in real-life situations.

	<i>How frequently</i>	<i>How well</i>
1) Holds a book for reading using both hands	—	—
2) Uses both hands to towel-dry face or other body part	—	—
3) Carries an object in the affected hand while using the unaffected hand to perform a task such as opening the refrigerator	—	—
4) Uses both hands for dressing, e.g. holds shirt or trousers or pulls garments over head or hips using both hands	—	—
5) Carries an object in the unaffected hand while using the affected hand to perform a task such as opening the refrigerator	—	—
6) Uses both hands to carry a lunch tray	—	—
7) Opens a drawer with one hand and removes an object with the other	—	—
8) Uses both hands in food preparation, such as making a sandwich or stirring and stabilizing the bowl	—	—
9) Uses both hands to play video games that require two hands	—	—
10) Uses both hands to button a shirt	—	—
11) Uses both hands to zip a jacket	—	—
12) Uses both hands to put on and remove a backpack	—	—
13) Uses both hands in sports such as basketball, baseball, wiffle ball, volleyball	—	—
14) Uses both hands in picking up large objects such as boxes, balls, or laundry baskets	—	—
<i>How frequently scale</i>		
0–0.5 Makes no attempt to use the affected arm in the activity	1–1.5 The affected arm was moved during the activity but was of very little use (very poor)	
1–1.5 Makes rare tries to use the affected arm in the activity	2–2.5 The affected arm was of some use during the activity, but needed some help from the unaffected arm, moved very slowly or with difficulty (poor)	
2–2.5 Makes few tries to use the affected arm in the activity	3–3.5 The affected arm was used for the purpose indicated, but movements were slow or were made only with some effort (fair)	
3–3.5 Makes frequent tries to use the affected arm in the activity	4–4.5 The movements made by the affected arm were almost normal, but not quite as fast or accurate as normal	
4–4.5 Tries to use the affected arm almost every time the activity is performed	5– The ability to use the affected arm for that activity was equal to the ability to use the unaffected arm (normal)	
5– Uses the affected arm every time the activity is performed	N/A Never performs the activity	
N/A Never performs the activity		
<i>How well scale</i>		
0–0.5 The affected arm was not used at all for that activity		

Annexe 6 : échelle Abilhand

Quelle est la DIFFICULTE des activités suivantes?	Impossible	Difficile	Facile	?
1. Boutonner un pantalon				
2. Ouvrir une tablette de chocolat				
3. Fermer la tirette d'une veste				
4. Etaler du dentifrice sur une brosse à dents				
5. Remplir un verre d'eau				
6. Tailler un crayon				
7. Ouvrir un paquet de chips				
8. Fermer la pression d'une veste				
9. Ouvrir une boîte à tartines				
10. Se laver le haut du corps				
11. Mettre un sac à dos				
12. Fermer la tirette d'un pantalon				
13. Mettre un bonnet				
14. Ouvrir le capuchon du tube de dentifrice				
15. Prendre de la monnaie dans la poche				
16. Enlever un T-shirt				
17. Retourner la manche d'un pull				
18. Boutonner une chemise ou un pull				
19. Dévisser le bouchon d'une bouteille				
20. Allumer une lampe de chevet				
21. Ouvrir un pot de confiture				

Annexe 7 : échelle Peabody Developmental Scale

Peabody Developmental Motor Scales-2: Gross Motor Scale

Child: _____ DOB: _____ CA: _____
Examiner: _____ Date: _____

Subscale A: Reflexes (1-11 months)

Item #	Month	Position	Score	Comments (2; 1: 0)
1 Walking Reflex	2	supported standing	2 1 foot then other w/in 3sec 1 1 foot within 3 sec 0 Feet and legs remain still	
2 Positioning Reflex (ATNR-Integrated)	4	supine with head held	2 No arm or leg mvmt 1 Positioned, but can move out of it 0 Reflex still present	
3 Landau Reaction	6	horizontal suspended	2 Raises head above horizontal, extends trunk, raises hips and legs 1 Extends head, but not hips & legs 0 Head & hips below horiz.	
4 Protecting Reaction (Forward)	6	suspended horizontal	2 Extends arms, elbows & bears weight on hands 1 Extends arms partially 0 Does not extend arms	
5 Protective Reaction (Side)	6	sitting	2 Extends arm & bears weight 1 Extends arm, no weight bear 0 Falls on side	
6 Protective Reaction (Forward)	6	sitting	2 Breaks fall w/ 1 or 2 arms supports self for 2 sec 1 Extends arm(s), falls 0 No arm extension	
7 Righting Reaction (Forward)	9	sitting	2 Ext. arm & head, returns to upright sitting 1 Uses arms on floor, but Recovers 0 Fails to extend, falls	
8 Protecting Reaction (Backward)	10	sitting	2 Stops by ext arms & supporting weight 1 Rotates trunk, extends arm, but falls 0 Fails to extend arm, falls	
Total Score: _____/16				

Peabody Developmental Motor Scales-2: Gross Motor Scale

Child: _____ DOB: _____ CA: _____
Examiner: _____ Date: _____

Subscale B: Supine

Item #	Age(mos)	Score	Comments (2; 1: 0)
1S - Rot Head	0	2 1 0	Lift/turn head R & L; 1 dir; no mvmt
1L - Thrust Legs	0	2 1 0	Moves legs together; separate; none
2L - Side to back	0	2 1 0	Rolls to back both sides; 1 side; none
3L - Thrust Arms	0	2 1 0	Bend & straight arms 2x; 1x or 1 arm; none
6L - Symmetry	3	2 1 0	Hands & head to midline; 1 hand; none
8L - Rolling	4	2 1 0	Rolls to both sides; 1 side; no roll
10L - Flex Legs	5	2 1 0	Feet to mouth/hands/hips 90° or 1 foot; none
11L - Ext Arms&Legs	5	2 1 0	Arms & legs in 5sec; 6-7sec; no mvmt
13L - Flex Body	6	2 1 0	2 feet, 3 sec; 2 feet 1-2 sec or 1 foot 3sec; 0
15L - Ext Arm	6	2 1 0	Wt shift & reach 3sec; 1-2 sec; no reach
16L - Rolling	7	2 1 0	Back →stomach both sides; 1 side; none
17L - Rolling	7	2 1 0	Rolls back→ stomach with rot. 2 sides; 1; 0
17S - Raise to Sit (toy on chair)	10	2 1 0	Pulls to sit using chair; attempts, using chair; remains on floor

Subscale C: Prone

Item #	Age(mos)	Score	Comments (2; 1: 0)
5L - Ext. trunk	2	2 1 0	Lift head & trunk 45° 3 sec; 1-2sec; < 45°
7L - Prop on forearms	4	2 1 0	Head & trunk 45° 5 sec; 3-4 sec; <3 sec
9L - Ext arms & legs	4	2 1 0	Ext A&L 3 sec; both 1-2, AorL 3sec; none
12L - Ext Arm	6	2 1 0	shift & reaches toy; reach, but not full, none
14L - Pushing Up	6	2 1 0	WB on palms 5 sec; 3-4 sec; <3 sec
18L - Move forward	8	2 1 0	moves 3 ft using arms; 2-3 ft; <2ft
19L - Raise Shldr & Butt	9	2 1 0	Raise to hands & knees 5 sec, rocks; 1-5s; 0
18S - Sitting Up	10	2 1 0	Raises to sitting; attempts to sit; no mvmt

Peabody Developmental Motor Scales-2: Gross Motor Scale

Child: _____ DOB: _____ CA: _____
Examiner: _____ Date: _____

Subscale D: Suspended Hold (vertical)

Item #	Age(mos)	Score	Comments (2; 1: 0)
6S - Ext head	2	2 1 0	held vert. head to midline 3sec; 1-2 sec; none
7S - Align Head	2	2 1 0	hold child at your shoulder, bounce, head in midline 2-3 bounces; 1 bounce; no midline
8S - Align head	3	2 1 0	hold vert. & tilt 45° 75-100%; 50-74%; <50%
4L - Bearing Weight	2	2 1 0	bears wt. knees flex & feet flat 3 sec; knees flexed & toes, or <3sec; no wt or toes only

Subscale E: Sitting

Item #	Age(mos)	Score	Comments (2; 1: 0)
2S - Align Trunk (facing you)	0	2 1 0	Back held rounded 3 sec; 1-2 sec; arches
3S - Align Head Front (back to you)	1	2 1 0	45° btwn chin & chest; head slightly ↑; chin touches chest
4S - Align Head Back (pull to sit)	1	2 1 0	>45° btwn head and back; slight hold ↑; head touches back
5S - Align head (pull to sit)	2	2 1 0	Midline 75-100% mvmt; 50-74%; <50%
9S - Stab. Trunk (hold pelvis)	3	2 1 0	Trunk 30° off legs, 5sec; <30°; 5 sec; trunk on legs
10S - Align Head (sitting, toy on string)	4	2 1 0	Head aligned 8 sec, rot to follow toy; 4-7sec, rot to follow; head align <4sec
11S - Sitting (placed)	5	2 1 0	Balance for 8 sec; 3-7 sec; <3sec
12S - Sitting/Reach (toy on string)	6	2 1 0	Balance 8 sec, reach for toy; 5-7 sec with reach; balance <5sec
13S - Pull to Sit	6	2 1 0	Pulls to sit; pulls up 45°-90°; pulls <45°
14S - Sitting	6	2 1 0	unsupported 60sec; 30-59sec; <30sec
15S - Sit with Toy ("get the toy")	7	2 1 0	retrieves toy&returns upright 30 sec; 15-29s; no toy, falls from upright
16S - Sitting	9	2 1 0	Sit & plays with toy 60 sec; 30-59sec; <30s
21L - Scooting	9	2 1 0	uses hands & legs to scoot 3 ft; 1-2 ft; <1ft

Peabody Developmental Motor Scales-2: Gross Motor Scale

Child: _____ DOB: _____ CA: _____
Examiner: _____ Date: _____

22L - Pivoting	9	2 1 0	Turns 90° both sides; 90° one side, <90°
29L - Pivoting	11	2 1 0	Turns 180° on bottom; 90-179°; <90°
33L - Stand Up	12	2 1 0	Cross legged → stand <20° rotation of body; stands, but turns body 21-90°; >90°; no stand

Subscale F: Hands and Knees

Item #	Age(mos)	Score	Comments (2; 1: 0)
20L - Creeping	9	2 1 0	Reciprocal creep 5 ft; 4ft or not reciprocal; 0
24L - Creeping	10	2 1 0	creeps over legs; creeps onto legs; not on leg
37L - Creep ↑ Stairs	14	2 1 0	Creeps up 2 steps; 1step; remains at bottom
39L - Creep ↓ Stairs	15	2 1 0	creeps backward 3 steps, no support; 1-2 steps, no support; remains at start

Subscale G: Kneeling

Item #	Age(mos)	Score	Comments (2; 1: 0)
19S - Kneeling	13	2 1 0	Tall kneel 5sec while rot head; 2-4sec; <2sec

Subscale H: Standing

Balance Work/Preambulatory			
Item #	Age(mos)	Score	Comments (2; 1: 0)
23L - Standing	9	2 1 0	Pulls to stand at object; attempts; no try
25L - Bouncing	10	2 1 0	Hold hands, bounce 3x; 1-2x; stiff legs
26L - Cruising	10	2 1 0	4 steps sideways; 1-3 steps; none
27L - Lowering	10	2 1 0	Lowers to sit no fall; lowers, but falls, no try
28L - Stepping	10	2 1 0	Supported at trunk, 4 alt. steps; 2-3 steps; no
30L - Standing	11	2 1 0	Lets go of support, stands 5sec; 2-4sec; no
31L - Standing	11	2 1 0	Placed unsupported, stays 3 sec; 1-2 sec; 0
Single Leg Stance			
Item #	Age(mos)	Score	Comments (2; 1: 0)
20S - Stand on 1 Foot	31	2 1 0	Hands on hips 3sec; 1-2 sec; needs help
21S - Stand on 1 Foot	41	2 1 0	Hands on hips 5sec; 2-4sec; <2sec

**Peabody Developmental Motor Scales-2:
Gross Motor Scale**

Child: _____ DOB: _____ CA: _____
 Examiner: _____ Date: _____

23S – Stand on 1 Foot	45	2	1	0	Hands on hips, <20' sway, 5 sec; <20' sway, 2-4sec; <2sec or >20' sway
25S – Stand on 1 Foot	53	2	1	0	1 foot, then the other, hands on hips <20' sway, 6 sec ea foot; 1-5 sec ea foot; no
27S – Stand on 1 Foot	59	2	1	0	Each foot, <20' sway, 10 sec; 5-8 sec; <5

Other Stationary Skills

Item #	Age(mos)	Score	Comments (2; 1; 0)		
22S – Stand on Tiptoes	43	2	1	0	Arms overhead, no foot mvmt 3sec; 1-2sec; moves feet or heels on floor
24S – Stand on Tiptoes	51	2	1	0	Arms overhead, <20' sway 8 sec; <20' sway 5-7 sec; <5sec or >20' sway
26S – Imitating Mvmt (present 6 positions)	57	2	1	0	Imitates 4 pos correctly; 1-3 correct; none
46L – Stand (tandem)	19	2	1	0	Stand on line, 2sec, toe of back within 3" of front heel; 1 foot on line, attempt other; no

Subscale I: Ambulation

Stepping/Beginning Gait

Item #	Age(mos)	Score	Comments (2; 1; 0)		
32L – Stepping 1 HHA	11	2	1	0	4 alt. steps, in place or move; 2-3 alt steps; no alt. steps
34L – Walking	12	2	1	0	1 HHA alt, steps 8ft; 4-7ft; <4ft
35L – Walking	12	2	1	0	Unaided 5 steps; 1-4 steps; no steps or sits
36L – Stand&Move Balance	13	2	1	0	Picks up toy, return to stand takes 3 steps; 1-2 steps; loses balance or no try

Stairs

Item #	Age(mos)	Score	Comments (2; 1; 0)		
40L – Walk ↑ Stairs	15	2	1	0	↑ 4 steps w/ support from wall or rail; 1-3 steps with support; not on feet
43L – Walk ↓ Stairs	17	2	1	0	↓ 4 steps w/ finger assist; 1-3 steps; no
52L – Walk ↑ Stairs	23	2	1	0	↑ 4 steps no support; 4 steps using rail; no
53L – Walk ↓ Stairs	25	2	1	0	↓ 4 steps no support; 1-3 ø support; uses rail

**Peabody Developmental Motor Scales-2:
Gross Motor Scale**

Child: _____ DOB: _____ CA: _____
 Examiner: _____ Date: _____

57L – Walk ↑ Stairs	27	2	1	0	14steps, reciprocating, using rail or wall; 1-3 steps, reciprocating; not reciprocating
65L – Walk ↑ Stairs	35	2	1	0	14steps, reciprocating, no support; 1-3 steps with support or 4 steps not reciprocating; no
71L – Walk ↓ Stairs	43	2	1	0	4steps reciprocating, ø support; both feet on step or 2 steps ø support; both feet >3 steps

Gait Speed

Item #	Age(mos)	Score	Comments (2; 1; 0)		
38L – Walking	4	2	1	0	10ft, narrow BOS, heel-toe gait, reciprocal; 4-9 feet good form; wide BOS, arms out
41L – Walking Fast	17	2	1	0	Walks 10 ft in ½ time of 38L; > ½ but < ¾ time in 38L; > ¾ time
45L – Running	19	2	1	0	Runs 10ft; 5-9ft; <5ft
60L – Running Speed	29	2	1	0	30ft in 6sec; 30ft in 7-9sec; >9sec
66L – Running Speed	37	2	1	0	45ft in 6 sec; 45ft in 7-9sec; >9sec
69L – Running Form (10 sec)	41	2	1	0	Arms back & forth across body at or below waist, balls of feet used, high knee and heel, trunk forward; arms out to side or flat feet; walks at any time
74L – Run Balance ("stop/go")	45	2	1	0	Run & stop w/in 2 steps, no fall; stops in 3 steps; >3 steps to stop
85L – Run Speed & Agility	57	2	1	0	Completes cycle in 5 sec ø trip or drop can; completes cycle 6-10sec or drop can; >10sec Empty soft drink can 10 ft from start: time to run, pick up can & return to start

Controlled Gait

Item #	Age(mos)	Score	Comments (2; 1; 0)		
42L – Walk Backward	17	2	1	0	5 steps back(can pull toy); 2-4 steps; <2steps
44L – Walk Backward	17	2	1	0	Back 5 steps; 2-4steps; <2 steps
47L – Walk Sideways	21	2	1	0	Walks side 10ft, lead same foot; 4-9ft, lead same foot ½ steps; altered form
48L – Walking Line	21	2	1	0	1 foot on line 6ft; 1 foot 4-5ft; <4 ft on line
54L – Walk Backward	25	2	1	0	10ft w/o heels touching toes; 1-9ft; <1ft

**Peabody Developmental Motor Scales-2:
Gross Motor Scale**

Child: _____ DOB: _____ CA: _____
 Examiner: _____ Date: _____

56L – Walking Line	27	2	1	0	3steps on line, hands on hips, heels don't touch toes; 1-2 steps, hands on hips; one foot off line
68L – Walking Line	41	2	1	0	4ft on line, hands on hips, heels not touching toes; steps off 1 time, good form; >1step off
70L – Walk Line Forward	41	2	1	0	8ft on line, ø step off, hands on hips, heels not touching toes, <20' sway; steps off one time, good form; steps off >once or sways
75L – Walk Line Backward	45	2	1	0	4ft w/out stepping off line >1x, hands on hips, no heel-toe touch; steps off 2-5x, good form; steps off line>5x
78L – Walk Line Backward	51	2	1	0	5 steps ø step off line, hands on hips & toes touch heels; 2-4 steps good form; <2 steps

Subscale J: Higher Level Activities

Jumping

Item #	Age(mos)	Score	Comments (2; 1; 0)		
49L – Jump Forward	23	2	1	0	4" forward, with balance; <4" balanced; step or fall
50L – Jump Up	23	2	1	0	Up 2" w/ feet together; feet barely leave floor, or leads w/ 1 foot; toes on floor
51L – Jump Down 7"	23	2	1	0	Jumps ø assist, 1 foot may lead; steps down ø assist; needs help
55L – Jump Up 2" (line on wall)	25	2	1	0	Touches line or above; jumps btwn mark & line; toes on floor or below original mark
58L – Jump Down (16-21")	29	2	1	0	Jumps ø assistance, can lead w/ 1 foot; steps down ø assistance, needs assistance
61L – Jump Forward	31	2	1	0	24" with 2 footed takeoff & landing; 12-23" 2-footed; <12"
62L – Jump Down (18-24")	31	2	1	0	Jumps ø assistance, 2 footed takeoff& land; jumps leading w/ 1 foot, or falls; needs help
63L – Jump Hurdles (2" string)	33	2	1	0	Jump over string 2-footed takeoff and land; over, but 1 foot lead; steps over or remains
67L – Jump Forward	39	2	1	0	26", 2-footed takeoff & landing; 12-25"; <12

**Peabody Developmental Motor Scales-2:
Gross Motor Scale**

Child: _____ DOB: _____ CA: _____
 Examiner: _____ Date: _____

72L – Jump Forward One Foot	43	2	1	0	6" forward, other foot does not touch; 2-5" no touch; <2" or other foot touches
73L – Jump Up 3" (line on wall)	45	2	1	0	Touches line or above; jumps btwn mark & line; toes on floor or below original mark
76L – Jump Forward	47	2	1	0	30" forward 2 footed takeoff & land; 20-29" 2 footed; <20" or falls
81L – Jump Forward	53	2	1	0	36" forward 2 footed takeoff & land; 20-35" 2 footed; <20" or falls
82L – Turning Jump	53	2	1	0	Jump & turn 180°, hands on hips, <20' body deviation; turns 90-180°, good form; <90°
84L – Jump Hurdles (10" string)	57	2	1	0	Jump over string 2 footed takeoff & land; 1 footed takeoff & landing; no jump over
87L – Jump Side (over line)	59	2	1	0	Jumps back & forth 3 cycles, hands on hips, feet together, ø touch line or pause; jumps 1-2 cycles; lands on line or pause btwn jump

Other Activities

Item #	Age(mos)	Score	Comments (2; 1; 0)		
59L – Walk on Toes	29	2	1	0	Walks on tiptoes 5 steps w/o heels touching floor; 1-4 steps same form; heels on floor
64L – Walk on Toes (4"x 8" line)	33	2	1	0	Walks on toes entire length of line, hands on hips, heels up; 1-7ft; <1ft
77L – Hopping	47	2	1	0	5 hops on 1 foot, then 3-5 on other foot; 1-4 hops on 1 foot, 1-2 on other; none
83L – Hop Forward (3 feet)	53	2	1	0	Hops one line to other, truns & hops back on other foot; 1 foot to line, turn 1-2 hops back; hops in place, does not reach line
89L – Hopping speed (20 feet)	63	2	1	0	20ft in 6sec ø LOB or touch of opposite toe; 20ft in 7-10sec good form; <20ft or >10sec
80L – Galloping	51	2	1	0	10ft w/ weight transfer smooth & even, arms free; 5-9ft good form; <5ft
86L – Skipping	57	2	1	0	Skips 8 steps, opposite arms & legs; 4-7 steps, alternating; <4steps or stiff arms
88L – Skipping	61	2	1	0	Skips 10ft, good balance & rhythm; 5-9 feet; <4ft or arms stiff at sides

**Peabody Developmental Motor Scales-2:
Gross Motor Scale**

Child: _____ DOB: _____ CA: _____
 Examiner: _____ Date: _____

28S – Sit-ups 59 2 1 0 3 in 30sec; 1-2 in 30sec; none _____
 29S – Sit-ups 68 2 1 0 5 in 30sec; 3-4 in 30sec; <3 _____
 30S – Push-ups 72 2 1 0 8 in 20sec; 4-7 in 20sec; <4 _____
 79L – Rolling Forward 51 2 1 0 Completes forward roll <15° deviation; rolls, but >15° deviation; fails to roll _____

Object Manipulation

Receiving Ball (8" playground ball, except #22)

Item #	Age(mos)	Score	Comments (2; 1; 0)
1 – Catching Ball (straddle sit on floor, roll ball)	12	2 1 0	Corrals ball w/ arms &/or hands ø LOB; corrals ball, but loses balance; misses ball _____
10 – Catching Ball (toss ball from 5ft away)	25	2 1 0	Extends arms in front, attempts to secure ball by bending arms, does NOT need to catch ball; extends arms, but keeps straight; turns away from thrown ball _____
14 – Catching Ball (toss ball from 5ft away)	33	2 1 0	Catch ball w/ hands & arms extended; tries to catch ball; turns away or no arm effort _____
17 – Catching Ball (toss ball from 5ft away)	41	2 1 0	Catches ball w/ hands, arms bent 45-90°; catches ball by encircling it, then pulling to chest; fails to catch ball _____
22 – Catching Ball (toss tennis ball from 5ft away)	51	2 1 0	Catches ball 2/3 trials, arms bent, using only hands; catches ball 1/3 trials hands only; no _____

Throwing Ball (tennis ball, except #2 = 8" playground ball)

Item #	Age(mos)	Score	Comments (2; 1; 0)
2 – Rolling Ball (straddle sit on floor)	13	2 1 0	Rolls ball 3ft forward using hand/arm; rolls ball 2-3ft forward; <2ft roll _____
3 – Flinging Ball	13	2 1 0	Throws ball in any direction, extend arm at shoulder or elbow; releases ball ø arm ext.; Drops ball _____
5 – Throwing Ball	15	2 1 0	Throws ball by ext. arm at shoulder or elbow, maintain balance; throws ball, but loses balance; drops ball _____
7 – Throwing Ball (overhand – 3ft.)	19	2 1 0	Throws ball 3ft in air; 1-2 ft in air; drops ball or does not throw forward _____
8 – Throwing Ball (underhand – 3ft.)	23	2 1 0	Throws ball 3ft in air; 1-2 ft in air; drops ball or does not throw forward _____

**Peabody Developmental Motor Scales-2:
Gross Motor Scale**

Child: _____ DOB: _____ CA: _____
 Examiner: _____ Date: _____

11 – Throwing Ball (overhand – 7ft.) 27 2 1 0 Initiates throw by moving arm up & back, ball travels 7ft forward in air; different initiation of throw, travels ≤6ft in air; drops ball or not forward _____

12 – Throwing Ball (underhand – 7ft.) 29 2 1 0 Initiates throw by moving arm down & back, ball travels 7ft forward in air; different initiation of throw, travels <7ft in air; drops ball or not forward _____

15 – Throwing Ball (overhand – 10ft.) 39 2 1 0 Throws ball 10ft forward, good form; 3-9ft, <3ft or different direction _____

16 – Hitting Target (underhand – 5ft from target) 39 2 1 0 Hits target 2/3 trials; hits 1/3 trials; fails to hit target _____

18 – Hitting Target (overhand – 5ft from target) 43 2 1 0 Hits target 2/3 trials; hits 1/3 trials; fails to hit target _____

19 – Throwing Ball (underhand – 10ft.) 45 2 1 0 Throws ball 10ft w/ trunk rotation; 3-9ft w/ trunk rotation; <3 ft, or no rotation _____

20 – Hitting Target (overhand – 12ft from target) 51 2 1 0 Hits target 2/3 trials; hits 1/3 trials; fails to hit target _____

21 – Bouncing Ball (stand 5ft from wall) 51 2 1 0 Bounces ball to wall so it hits floor once then hits wall; hits floor >1x before wall; hits wall 1st or misses wall _____

24 – Catch Bounced Ball (self bounce) 68 2 1 0 Bounces & catches ball 2/3 trials, 1/3 trial; fails to catch ball _____

Kicking Ball (8" playground ball)

Item #	Age(mos)	Score	Comments (2; 1; 0)
4 – Kicking Ball (place ball 6" in front of child)	15	2 1 0	Lifts foot & contact ball; attempts; no try _____
6 – Kicking Ball (place ball 6" in front of child)	19	2 1 0	Kicks ball 3ft forward w/ <45° deviation; kicks ball 3 ft w/ >45° deviation; kick <3ft _____
9 – Kicking Ball (place ball 6" in front of child)	23	2 1 0	Kicks ball 3ft w/ <20° deviation from mid.; Kicks 3ft, but deviates >20°; <3ft or >20° _____
13 – Kicking Ball	29	2 1 0	Kick ball forward 6ft. w/ opposite arm & leg mvmts, initiate kick w/ leg back& knee bent; 2-6 ft. same form; bad form or ball <2ft. _____
23 – Kicking Ball	68	2 1 0	Kicks ball so it travels 12 ft in air using opp. arm & leg mvmts, initiate kick w/ leg back& knee bent, 6-11ft in air, good form, <6ft _____

Annexe 8 : grille R- AMSTAR

1. Un plan de recherche établi a priori est-il fourni?

La question de recherche et les critères d'inclusion des études doivent être déterminés avant le début de la revue.

Critères

- A. Publication et (ou) inscription du protocole d'étude à l'avance
- B. Description des critères d'inclusion
- C. Question de recherche bien ciblée (critères PICO)

Conditions d'attribution du score

3 critères → 4, 2 → 3, 1 → 2, 0 → 1

Explication A. :

Il doit être dit explicitement que le protocole a été publié ou inscrit, par exemple dans PROSPERO, registre de revues systématiques prospectif et multinational accessible en ligne.
C. La question renferme les critères PICO, soit Population, Intervention (ou exposition), Comparateur (ou témoins) et Résultats (*Outcomes*).

Score : **3**

Commentaire :

2. La sélection des études et l'extraction des données ont-ils été confiés à au moins deux personnes?

Au moins deux personnes doivent procéder à l'extraction des données de façon indépendante, et une méthode de consensus doit avoir été mise en place pour le règlement des différends.

Critères

- A. Données extraites par **au moins deux** personnes, de façon indépendante (déclaration explicite ou implicite)
- B. Énoncé sur le **processus de consensus** pour le règlement des différends
- C. Résolution des désaccords entre les personnes ayant extrait les données conformément à la méthode établie (déclaration explicite ou implicite)

Conditions d'attribution du score

3 critères → 4, 2 → 3, 1 → 2, 0 → 1

Score : **1**

Commentaire :

3. La recherche documentaire était-elle exhaustive?

Au moins deux sources électroniques doivent avoir été utilisées. Le rapport doit comprendre l'horizon temporel de la recherche et les bases de données interrogées (Central, EMBASE et MEDLINE, par exemple). Les mots clés et (ou) les termes MeSH doivent être indiqués et, si possible, la stratégie de recherche complète doit être exposée. Toutes les recherches doivent être complétées par la consultation des tables des matières de revues scientifiques récentes, de revues de la littérature, de manuels, de registres spécialisés ou d'experts dans le domaine étudié et par l'examen des références fournies dans les études répertoriées.

Critères

- A. Au moins deux sources électroniques ont été utilisées.
- B. L'horizon temporel et les bases de données interrogées sont indiqués.
- C. Les mots clés et (ou) les termes MeSH sont indiqués et, si possible, la stratégie de recherche est exposée.
- D. Toutes les recherches sont complétées par la consultation des tables des matières de revues scientifiques récentes, de revues de la littérature, de manuels ainsi que de registres et par l'examen des références fournies dans les études répertoriées.
- E. Une recherche manuelle a été effectuée dans les revues.

Conditions d'attribution du score

4 ou 5 critères → 4, 3 → 3, 2 → 2, 1 ou 0 → 1

Explication E. :

La recherche manuelle consiste à repérer les revues très pertinentes et à faire une recherche à la main, page par page, de leur contenu afin de relever d'éventuelles études admissibles.

Score : **4**

Commentaire :

4. La nature de la publication (littérature grise, par exemple) était-elle un critère d'inclusion?

Les auteurs doivent indiquer s'ils ont recherché tous les rapports, quel que soit le type de publication, ou s'ils ont exclu des rapports (de leur revue systématique) sur la base du type de publication, de la langue, etc.

Critères

- A. Les auteurs indiquent qu'ils ont recherché tous les rapports, quel que soit le type de publication.
- B. Les auteurs indiquent s'ils ont exclu des rapports sur la base du type de publication, de la langue, etc.
- C. « Les articles rédigés dans une langue autre que l'anglais ont été traduits » ou les lecteurs maîtrisaient assez bien la langue du rapport.
- D. Aucune restriction fondée sur la langue ou prise en compte des articles rédigés dans une langue autre que l'anglais

Conditions d'attribution du score

3 ou 4 critères → 4, 2 → 3, 1 → 2, 0 → 1

Score : **2**

Commentaire :

5. Une liste des études (incluses et exclues) est-elle fournie?

Une liste des études incluses et exclues doit être fournie.

Critères

- A. Les études **incluses** doivent être réunies dans un tableau, une liste ou une figure; une simple liste de références ne suffit pas.
- B. Les études **excluses** doivent être réunies dans un tableau, une liste ou une figure qui sera intégré à l'article ou à un supplément.
- C. Les raisons de l'exclusion des études sérieusement prises en considération doivent être exposées de manière suffisamment claire.
- D. Le lecteur peut retracer aisément les études incluses et exclues dans la bibliographie, les références ou le supplément de l'article.

Conditions d'attribution du score

4 critères → 4, 3 → 3, 2 → 2, 1 → 1

Explication :

Les études exclues sont celles qui, après avoir été sérieusement prises en considération sur la foi du titre et (ou) du résumé, ont été rejetées après lecture du corps du texte.

Score : **4**

Commentaire :

6. Les caractéristiques des études incluses sont-elles indiquées?

Les données portant sur les sujets qui ont participé aux études originales, les interventions qu'ils ont reçues et les résultats doivent être regroupées, sous forme de tableau, par exemple. L'étendue des données sur les caractéristiques des sujets de toutes les études analysées (âge, race, sexe, données socio-économiques pertinentes, nature, durée et gravité de la maladie, autres maladies, par exemple) doit y figurer.

Critères

- A. Les données portant sur les sujets qui ont participé aux études originales, les interventions qu'ils ont reçues **et** les résultats sont regroupées, sous forme de tableau, par exemple.
- B. Les auteurs précisent l'étendue des données sur les caractéristiques **pertinentes** des sujets des études analysées.
- C. L'information fournie semble complète et exacte.

Conditions d'attribution du score

3 critères → 4, 2 → 3, 1 → 2, 0 → 1

Score : **4**

Commentaire :

7. La qualité scientifique des études incluses a-t-elle été évaluée et consignée?

Les méthodes d'évaluation déterminées a priori doivent être indiquées (par exemple, pour les études sur l'efficacité pratique, le choix de n'inclure que les essais cliniques randomisés à double insu avec placebo ou de n'inclure que les études où l'affectation des sujets aux groupes d'étude était dissimulée); pour d'autres types d'études, d'autres critères d'évaluation seront à prendre en considération.

Critères

- A. Les méthodes a priori sont indiquées.
- B. La qualité scientifique des études incluses **semble valable**.
- C. Le niveau de preuve est exposé, dûment reconnu ou pris en considération.
- D. La qualité des preuves est évaluée ou classée en fonction d'outils d'évaluation de la preuve.

Conditions d'attribution du score

4 critères → 4, 3 → 3, 2 → 2, 1 ou 0 → 1

Explications D. :

Un outil d'évaluation de la preuve est un instrument qui sert à établir le niveau de preuve.
Ex. : l'outil GRADE (*Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation*).

Score : **4**

Commentaire :

8. La qualité scientifique des études incluses dans la revue a-t-elle été utilisée adéquatement dans la formulation des conclusions?

Les résultats de l'évaluation de la rigueur méthodologique et de la qualité scientifique des études incluses doivent être pris en considération dans l'analyse et les conclusions de la revue, et formulés explicitement dans les recommandations.

Critères

- A. Les auteurs ont tenu compte de la qualité scientifique dans l'analyse et les conclusions de la revue.
- B. La qualité scientifique est formulée **explicitement** dans les recommandations.
- C. Les conclusions sont orientées vers la production de guides de pratique.
- D. L'énoncé de consensus clinique laisse entrevoir la révision ou la confirmation des recommandations de pratique.

Conditions d'attribution du score

4 critères → 4, 3 → 3, 2 → 2, 1 ou 0 → 1

Score : **3**

Commentaire :

9. Les méthodes utilisées pour combiner les résultats des études sont-elles appropriées?

Si l'on veut regrouper les résultats des études, il faut effectuer un test d'homogénéité afin de s'assurer qu'elles sont combinables (chi carré ou I^2 , par exemple). S'il y a hétérogénéité, il faut utiliser un modèle d'effets aléatoires et (ou) vérifier si la nature des données cliniques justifie la combinaison (la combinaison est-elle raisonnable?).

Critères

- A. Les auteurs exposent les critères à partir desquels ils ont déterminé que les études analysées étaient assez semblables pour être combinées.
- B. Dans le cas des résultats regroupés, les auteurs ont fait un test d'homogénéité pour s'assurer que les études étaient combinables.
- C. Les auteurs ont pris acte du caractère hétérogène (ou non) des études.
- D. S'il y a hétérogénéité, les auteurs ont utilisé un modèle d'effets aléatoires et (ou) vérifié si la nature des données justifiait la combinaison.
- E. S'il y a homogénéité, les auteurs exposent la justification ou le test statistique.

Conditions d'attribution du score

4 ou 5 critères → 4, 3 → 3, 2 → 2, 1 ou 0 → 1

Score : **1**

Commentaire :

10. La probabilité d'un biais de publication a-t-elle été évaluée?

Une évaluation du biais de publication doit comprendre une association d'outils graphiques (diagramme de dispersion des études ou autre test) et (ou) des tests statistiques (test de régression d' Egger, par exemple).

Critères

- A. Prise en compte du biais de publication ou de l'effet tiroir
- B. Outils graphiques (diagramme de dispersion des études, par exemple)
- C. Tests statistiques (test de régression d' Egger, par exemple)

Conditions d'attribution du score

3 critères → 4, 2 → 3, 1 → 2, 0 → 1

Score : **1**

Commentaire :

11. Les conflits d'intérêts ont-ils été déclarés?

Les sources possibles de soutien doivent être déclarées, tant pour la revue systématique que pour les études qui y sont incluses.

Critères

- A. Présentation des sources de soutien
- B. Absence de conflit d'intérêts – On est ici dans la subjectivité; peut-être faudra-t-il y aller par déduction ou fouiller quelque peu.
- C. Prise en compte ou énoncé des sources de soutien ou des conflits d'intérêts dans les **principales** études incluses

Conditions d'attribution du score

3 critères → 4, 2 → 3, 1 → 2, 0 → 1

Score : **2**

Commentaire :

Score de qualité maximal : 44

Score de qualité : 29

Résumé :

Introduction : La paralysie cérébrale touche 17 millions de personnes dans le monde ; en France, elle représente 4 naissances par jour. Elle entraîne un handicap moteur et cognitif important, obligeant une rééducation à long terme qui peut s'avérer lassante. La réalité virtuelle, en essor depuis quelques années, ouvre une nouvelle porte en matière de thérapie. Elle offre, par l'intermédiaire du jeu, la possibilité d'une rééducation ludique et axée sur la tâche ; permettant une action ciblée sur la plasticité cérébrale des enfants.

Objectifs : L'objectif de cette revue de littérature est d'évaluer l'efficacité de la thérapie par réalité virtuelle non immersive chez les enfants paralysés cérébraux.

Méthode : Une recherche systématique a été effectuée de septembre 2021 à janvier 2022 grâce à une équation de recherche sur trois bases de données : PubMed, Cochrane et PEDro. Des essais cliniques randomisés ont été sélectionnés selon des critères particuliers, et selon leur qualité méthodologique, aboutissant à un total de 5 études comprenant 307 patients.

Résultats : L'analyse des résultats a été effectuée de façon qualitative au vu de l'hétérogénéité des études incluses. La thérapie par réalité virtuelle non immersive a entraîné des améliorations significatives sur les fonctions motrices, l'indépendance sur les tâches de la vie quotidienne et sur les paramètres de la marche.

Discussion : Les imprécisions et hétérogénéités retrouvées permettent difficilement une interprétation complète et l'extrapolation des résultats à une population plus générale.

Conclusion : Malgré des résultats encourageants, ceux-ci restent encore imprécis du fait de l'apparition récente de cette thérapie. Afin d'obtenir des résultats de plus grande puissance significative, il serait intéressant de réaliser des essais cliniques de plus grande ampleur sur des échantillons plus représentatifs des enfants paralysés cérébraux.

Mots-clefs : paralysie cérébrale / réalité virtuelle / efficacité

Abstract:

Introduction: Cerebral palsy affects 17 million people worldwide; in France, it affects 4 births per day. It induces an important motor and cognitive handicap, requiring a long-term reeducation which can be wearisome. Virtual reality, which has been developing for a couple of years, opens a new opportunity for therapy. It offers, through games, the possibility of a playful and task-oriented rehabilitation; allowing a focused action on the brain plasticity of children.

Objectives: The purpose of this literature review is to evaluate the effectiveness of non-immersive virtual reality therapy in children with cerebral palsy.

Method: A systematic search was conducted from September 2021 to January 2022 using a search equation on three databases: PubMed, Cochrane, and PEDro. Randomized clinical trials were selected according to specific criteria and methodological quality, resulting in a total of 5 studies involving 307 patients.

Results: The analysis of the results was performed in a qualitative approach due to the heterogeneity of the included studies. Non-immersive virtual reality therapy showed significant improvements in motor function, independence on activities of daily living and gait parameters.

Discussion: The imprecision and heterogeneities identified make it particularly difficult to completely interpret and generalize the results to a population.

Conclusion: Despite promising results, these remain unclear due to the recent emergence of this therapy. In order to obtain results of higher significant power, it would be worthwhile to carry out larger clinical trials on more representative samples of children with cerebral palsy.

Key words: cerebral palsy / virtual reality / efficacy