



INSTITUT DE FORMATION ET DE RECHERCHE EN SANTÉ DE NORMANDIE
INSTITUT DE FORMATION EN MASSO-KINÉSITHÉRAPIE

Unité d'enseignement 28

Mémoire de fin d'études

**L'imagerie motrice dans la prise en charge des
enfants atteints de paralysie cérébrale unilatérale**

Juin 2022

FOUCHER Pauline

Sous la direction de LEVALLOIS Georges

Remerciements

Je tiens à remercier Monsieur Georges LEVALLOIS, mon directeur de mémoire, pour son suivi régulier et ses conseils au cours de cette année et de l'élaboration de mon mémoire.

Je remercie également l'équipe pédagogique de l'IFMK d'Alençon pour ces quatre années de formation, et plus particulièrement Madame Delphine GUYET pour son implication et l'aide qu'elle a pu m'apporter.

Merci à mes ami(e)s pour ces quatre années d'étude.

Enfin, j'adresse des remerciements à ma famille, mes parents et ma sœur, pour leur patience, leur aide et leur soutien au cours de mes études et plus particulièrement lors de la réalisation de ce mémoire.

Résumé

Introduction : La paralysie cérébrale est la première cause de troubles moteurs chez l'enfant. Parmi les nombreuses formes cliniques, la paralysie cérébrale unilatérale (PCU) représente l'une des plus courantes. Diverses étiologies sont avancées pour expliquer les troubles du mouvement. Ils pourraient entre autres être dus à des déficits de planification motrice et d'imagerie motrice (IM). De nombreux moyens permettant la rééducation des fonctions motrices chez ces enfants sont décrits dans la littérature. Toutefois, de nouvelles techniques de rééducation dont l'IM sont aujourd'hui à l'étude. Les objectifs de cet écrit sont de réaliser un état des lieux de la littérature disponible concernant l'IM dans la rééducation de la PCU et de déterminer les différentes modalités à sa mise en place.

Méthode : Entre novembre 2021 et février 2022, une revue systématique de la littérature a été réalisée à partir des bases de données PubMed, ScienceDirect et Cochrane Library. Les articles intégrant des enfants atteints de PCU comme participants ont été inclus. La capacité des enfants atteints de PCU à s'engager dans l'IM, l'impact de la localisation (latéralité) de la lésion cérébrale ou encore les effets de l'IM sur la rééducation des fonctions motrices ont été évalués.

Résultats : La recherche a permis d'identifier 72 résultats dont 21 ont été conservés pour être lus en intégralité. 9 études ont finalement été incluses dont un essai clinique randomisé, un essai clinique contrôlé, 5 études comparatives non randomisées et 2 études cas-témoin. Les grilles de lecture de la HAS, la grille CAPS et l'échelle PEDro ont permis d'évaluer la qualité de ces études. Bien que les enfants atteints de PCU semblent pouvoir s'engager dans l'IM, les auteurs ne s'accordent ni sur l'impact du côté de la lésion cérébrale ni sur celui du côté ciblé par l'IM. La PCU n'influe pas sur le temps de réaction mais entraîne une diminution des capacités fonctionnelles et de la précision du mouvement pendant l'IM. Enfin, les résultats sont meilleurs en combinant la technique d'IM avec une activité physique.

Conclusion : Les résultats, les niveaux de preuves hétérogènes et la présence de biais ne permettent pas de mettre en évidence les différentes modalités à la mise en place de la technique d'IM dans la rééducation des enfants atteints de PCU. Toutefois, les résultats montrent que cette technique permet une meilleure amélioration des performances motrices par rapport aux autres techniques conventionnelles. Il serait donc intéressant de poursuivre les recherches.

Mots-clés : paralysie cérébrale unilatérale, imagerie motrice, rééducation, pédiatrie

Abstract

Introduction: Cerebral palsy is the first cause of motor impairment in children. Among the many clinical forms, unilateral cerebral palsy (UCP) is one of the most common. Many reasons can explain movement disorders. One of them is the deficit of the planning and control of movements and motor imagery (MI). Numerous tools for the rehabilitation of motor functions in children with UCP are described in the literature. However, new rehabilitation approaches including MI are currently being studied. The main objectives of this essay are to do a state of play of the available literature concerning the MI technique in the UCP rehabilitation and to determine the different modalities of its implementation.

Method: Between November 2021 and February 2022, a systematic review of the literature was conducted using the PubMed, ScienceDirect and Cochrane Library databases. Articles that included children with UCP as participants were included. The ability of children with UCP to engage in MI, the impact of the location (laterality) of the brain lesion or else the MI effects on the rehabilitation of motor functions were evaluated.

Results: The research identified 72 results, 21 of which were retained for reading in their entirety. 9 studies were finally included in the review: 1 randomized controlled trial, 1 clinical controlled trial, 5 non-randomized controlled studies and 2 case-control studies. The HAS reading grids, the CAPS grid and the PEDro scale were used to assess the quality of these studies. Even though children with UCP appear to be able to engage in MI, the authors do not agree on the impact of either the side of the brain injury or the side targeted by MI. Finally, the results are better when the MI technique is combined with physical activity.

Conclusion: The studies' results, the heterogeneous levels of evidence and the presence of biases do not allow to reveal the different modalities for the implementation of the MI technique in the rehabilitation of children with UCP. However, the results show that this technique provides a better improvement in motor performance compared to other conventional techniques. Further research would therefore be interesting.

Key words: unilateral cerebral palsy, motor imagery, rehabilitation, paediatrics

Listes des abréviations

AHA : Assisting Hand Assessment

AVC : Accident Vasculaire Cérébral

CIMT : Thérapie par Contrainte Induite du Mouvement

CMV : CytoMégaloVirus

GMFCS : Gross Motor Function Classification System

CIF : Classification Internationale du Fonctionnement, du Handicap et de la Santé

HAS : Haute Autorité de Santé

HLT : Hand Laterality Task

IM : Imagerie Motrice

IMC : Infirmité Motrice Cérébrale

IMOC : Infirmité Motrice d'Origine Cérébrale

IRM : Imagerie à Résonance Magnétique

MACS : Manual Ability Classification System

MKDE : Masseur-Kinésithérapeute Diplômé d'Etat

NEM : Niveau d'Evolution Motrice

NICE : National Institute for Health and Care Excellence

PC : Paralyse Cérébrale

PCU : Paralyse Cérébrale Unilatérale

SDRC : Syndrome Douloureux Régional Complexe

SNC : Système Nerveux Central

WASI : Wechsler Abbreviated Scale of Intelligence

Sommaire

I.	Du constat de fait à la question de recherche	1
A.	Constat de fait	1
B.	Question de départ.....	2
II.	Présentation de la thématique et contextualisation.....	3
A.	La pédiatrie	3
1.	Définition de la pédiatrie.....	3
2.	Développement moteur de l'enfant.....	3
B.	La paralysie cérébrale.....	5
1.	Définition	5
2.	Epidémiologie.....	6
3.	Etiologie	6
4.	Classifications.....	7
5.	Troubles cliniques variés et troubles associés	10
C.	Prendre en charge la paralysie cérébrale	11
1.	Prévenir la paralysie cérébrale.....	11
2.	Recommandations de bonne pratique en France	12
3.	Recommandations à l'étranger	13
4.	La prise en charge	14
D.	Le système nerveux et la plasticité cérébrale.....	17
1.	Le système nerveux central	17
2.	La plasticité cérébrale	19
3.	La genèse d'un mouvement.....	21
E.	L'imagerie motrice.....	21
1.	Définition	21

2.	Les différents types d'imagerie motrice.....	22
3.	Les indications et les contre-indications à l'imagerie motrice.....	23
4.	Application de l'imagerie motrice en rééducation.....	24
5.	La place de l'imagerie motrice dans la paralysie cérébrale	25
III.	Problématisation	27
A.	Question de recherche	27
B.	Hypothèses.....	28
IV.	Méthodologie	31
A.	Choix de la méthode et objectifs.....	31
B.	La stratégie de recherche	32
1.	Les mots-clés.....	32
2.	Les bases de données et les équations de recherches.....	33
C.	Critères d'éligibilité des articles	34
1.	Critères d'inclusion.....	34
2.	Critères d'exclusion	35
D.	Sélection des articles	35
V.	Résultats.....	37
A.	Description des articles sélectionnés après lecture complète	38
B.	Evaluation de l'éligibilité des articles	47
1.	Grilles de lecture.....	47
2.	Grille et échelle d'évaluation	48
C.	Synthèse des résultats des différents articles	51
1.	Résultats par article.....	51
2.	Mise en lien des différents articles	55
VI.	Discussion	59
A.	Validité interne.....	59

B. Analyse des résultats : mise en relation des données avec la littérature	60
C. Validation des hypothèses	63
D. Limites de l'étude, avantages et axes d'amélioration.....	64
VII. Conclusion	67
Bibliographie.....	69
Annexes	75

I. Du constat de fait à la question de recherche

A. Constat de fait

Le champ clinique de la pédiatrie est un domaine qui m'intéresse plus particulièrement. En effet, au cours de mes deuxième et troisième années de formation, j'ai pu effectuer des stages dans des structures (centres de rééducation et cabinet libéral) spécialisées en pédiatrie et ainsi confirmer l'intérêt que j'y portais. Au cours de ces semaines, j'ai pu observer que ce champ était vaste et varié. De ce fait, il fallait pour moi cibler davantage ma thématique. Ainsi, lors de mes différentes expériences, j'ai pu constater que la paralysie cérébrale est une pathologie fréquemment rencontrée avec des manifestations variées. La prise en charge d'un point de vue rééducatif est, elle aussi, variée selon les enfants. C'est pour cela que j'ai orienté mon choix vers cette pathologie.

Suite à ce constat, j'ai effectué des recherches dans la littérature afin de savoir si des recommandations de bonne pratique existaient. Au début de ce travail, j'ai pu constater qu'aucune recommandation de bonne pratique n'avait été publiée par la Haute Autorité de Santé (HAS) pour la rééducation des enfants atteints de paralysie cérébrale. Pourtant, elle estimait que des précisions scientifiques devaient être menées pour déterminer les objectifs, les modalités de séances, les indications de rééducation ou encore les possibilités d'accès aux soins. C'est pourquoi ces recommandations étaient en cours de réalisation, comme l'indique la note de cadrage publiée par la HAS [1]. Néanmoins, les auteurs s'accordaient sur le fait que la rééducation motrice des enfants atteints de paralysie cérébrale devait commencer dès que le diagnostic était établi pour limiter les conséquences de cette pathologie [2]. Au cours de la réalisation de mon mémoire, les recommandations de bonne pratique concernant la rééducation et réadaptation de la fonction motrice de l'appareil locomoteur des personnes diagnostiquées de paralysie cérébrale ont été publiées. J'ai donc modifié mon travail afin d'inclure ces recommandations.

Ensuite, j'ai remarqué que l'imagerie motrice est une technique qui se développe et qui est de plus en plus utilisée dans différentes prises en charge, notamment chez les adultes. Lors de mes stages, j'ai pu observer qu'intégrer cette technique dans les prises en charge des adultes ayant

été victimes d'un Accident Vasculaire Cérébral (AVC) avait un impact positif. Je me suis donc interrogée sur la place de cette technique chez les enfants, et plus particulièrement chez les enfants atteints de paralysie cérébrale.

La rééducation des enfants atteints de paralysie cérébrale nécessite la création d'une stratégie thérapeutique dont le but est d'atteindre un objectif initialement déterminé. Une grande diversité de techniques existe et amène à des choix pour les inclure ou non dans cette stratégie. L'imagerie motrice peut faire partie de ces techniques. Ainsi, le but est donc d'objectiver l'intérêt de la thérapie par l'imagerie motrice dans la rééducation neuro-motrice des patients atteints de paralysie cérébrale. L'intérêt que je peux y trouver est de mieux connaître les effets, les bénéfices et les limites de cette technique adaptée à la paralysie cérébrale chez l'enfant.

B. Question de départ

Quelle est la place de l'imagerie motrice dans la rééducation neuro-motrice des enfants atteints de paralysie cérébrale ?

Ainsi, pour répondre à cette question, le mémoire se découpera en plusieurs parties. Tout d'abord, la thématique sera expliquée ainsi que le contexte. Cela amènera à la formulation de la problématisation. Puis, après avoir développé la méthodologie, les résultats obtenus au cours de ce travail seront étudiés. Enfin, une nouvelle partie sera consacrée à la discussion avant de terminer ce mémoire par une conclusion.

II. Présentation de la thématique et contextualisation

A. La pédiatrie

1. Définition de la pédiatrie

Selon le *Larousse Médical*, le champ clinique de la pédiatrie correspond

«à la spécialité qui traite de l'enfant, depuis la vie intra-utérine jusqu'à l'âge adulte (au terme souvent imprécis de l'adolescence)» [3].

Ainsi, dans cette spécialité, les professionnels doivent prendre en charge l'enfant dans sa globalité en intégrant ses capacités mais également son environnement [3].

La Haute Autorité de Santé (HAS) distingue différentes tranches d'âge dans les recommandations de bonne pratique sur la rééducation et réadaptation de la fonction motrice de l'appareil locomoteur des personnes diagnostiquées de paralysie cérébrale. Ainsi, selon la HAS, les enfants sont âgés de 2 à 12 ans, les adolescents de 12 à 18 ans et les adultes sont âgés de plus de 18 ans. Il est donc possible de conclure que, selon la HAS, la pédiatrie concerne les personnes âgées de moins de 18 ans.

2. Développement moteur de l'enfant

Les différents âges décrits dans la littérature concernant le développement de l'enfant sont présentés à titre indicatif. En effet, les enfants se développent à leur rythme et certains écarts peuvent se rencontrer. Cela peut être inquiétant lorsque le retard devient trop important [4].

A la naissance, l'enfant s'adapte aux stimulations extérieures ou internes grâce aux réflexes archaïques, qui sont des mouvements automatiques involontaires. Ces derniers attestent d'une évolution correcte du système nerveux et d'un bon tonus musculaire. Ils sont essentiels pour le développement de la motricité volontaire [4]. Ces réflexes archaïques représentent la motricité primaire et sont amenés à disparaître durant les trois premiers mois de vie. En parallèle de cette motricité primaire se développent les aptitudes motrices innées qui vont persister tout au long

de la vie. Ces dernières permettent notamment une bonne orientation de la prise en charge pour les enfants atteints de troubles de la motricité suite à une pathologie cérébrale. Cette motricité innée regroupe à la fois la motricité spontanée (mouvement sans but fonctionnel), la motricité dirigée (réponse motrice recueillie après stimulations extérieures) et la motricité provoquée (réponse motrice obtenue par des stimulations proprioceptives) [5].

La construction de la motricité se divise en trois grandes phases [4] :

- La découverte du corps : positions à plat au sol (jusqu'à 6 mois)
- La découverte de l'espace : premiers changements de position et de déplacements (de 5 à 10 mois)
- La découverte de la verticalité (après 8 mois)

Le développement de la locomotion est la conséquence d'un enchaînement d'étapes décrit en 1963 comme les Niveaux d'Evolution Motrice (N.E.M) [5].

Michèle Forestier décrit les repères suivants [4] :

Age	Développement moteur
A 2 mois	- Zone I de Gesel [5]
A 3 mois	- Relationnel - Tenu contre soi, tronc vertical, maintient sa tête droite - Zone II de Gesel [5]
Entre 4 et 6 mois	- Sur le dos, bouge les 4 membres de manière symétrique - Relève les pieds, s'enroule - Se met sur le côté - Quand on l'installe à plat ventre, relève la tête, la maintient, avec appui sur ses avant-bras [4] = Zone de Gesel III (4 mois) [5] - Saisit les objets
Entre 6 et 9 mois	- Se retourne dos-ventre et ventre-dos (à partir de 5 mois) - Pivote sur le ventre - Est tout à fait à l'aise à plat ventre - Tenu dans les bras, maintient bien son dos en position verticale

Entre 7 et 11 mois	<ul style="list-style-type: none"> - Rampe - Marche à quatre pattes - S'installe assis tout seul et tient
Entre 10 et 14 mois	<ul style="list-style-type: none"> - Franchit des obstacles à quatre pattes - S'installe debout avec un appui sous ses mains (9-10 mois [5]) - Marche en poussant un support (10 mois [5]) - Se déplace le long d'un support (11 mois [5])
Entre 10 et 18 mois	<ul style="list-style-type: none"> - Marche tenu par deux mains (11 mois [5]) - Marche tenu par une main (12 mois [5]) - Marche seul (13-14 mois [5])
A 18 mois	<ul style="list-style-type: none"> - Début des pas en arrière [5] - Se met debout sans autre appui que le sol [5] - Court raide [5] - Monte les escaliers tenu par une main [5]
A 21 mois	<ul style="list-style-type: none"> - Descend et monte les escaliers avec une aide [5] - Marche en terrain irrégulier [5]

L'enfant développe un contrôle moteur interne, c'est-à-dire un contrôle prédictif d'une action, entre 7 et 10 ans. Cette capacité n'étant pas présente chez les plus jeunes enfants, cela pourrait devenir un facteur limitant à l'imagerie motrice. Par ailleurs, le développement d'une capacité motrice est dépendant du développement moteur. Ainsi, cette capacité continue de s'améliorer au fil du temps [6].

B. La paralysie cérébrale

1. Définition

La paralysie cérébrale est un ensemble de troubles permanents du mouvement et de la posture dû à des atteintes irréversibles et non progressives d'un cerveau en développement [7] [8]. Le cerveau des enfants est immature (reste en développement) de la période prénatale jusqu'à 2 ans en post-natal [7] [9].

Le terme paralysie cérébrale (ou cerebral palsy en anglais) inclut des patients dont le déficit mental est variable. Ce terme généralisé a été apporté par les anglo-saxons et regroupe différentes appellations en fonction du quotient intellectuel. Tout d'abord, il y a l'Infirmité Motrice Cérébrale (IMC). Celle-ci correspond à la présence de troubles moteurs importants et/ou sensoriels mais sans déficience intellectuelle (Quotient Intellectuel Verbal supérieur à 80). Ensuite, lorsque le Quotient Intellectuel Verbal se situe entre 40 et 80, on parle alors d'Infirmité Motrice d'Origine Cérébrale (IMOC). Dans ce cas, l'enfant présente à la fois des troubles moteurs et sensoriels mais également des troubles intellectuels. Enfin, lorsque les difficultés intellectuelles entraînent une limitation de l'autonomie en plus des troubles moteurs et sensoriels, on parle de Polyhandicap (Quotient Intellectuel Verbal inférieur à 40) [9].

2. Epidémiologie

La paralysie cérébrale est une pathologie qui touche environ 2 naissances sur 1000 en France [7] [10]. Cela correspond à quatre enfants décelés par jour en France. Dans le monde, on recense 17 millions de personnes touchés par la paralysie cérébrale dont 125 000 en France [7] [1].

3. Etiologie

Les causes de cette pathologie sont nombreuses et, dans 30% des situations, elles restent inexpliquées. Toutefois, deux risques sont prédominants. Il s'agit de la prématurité et d'un poids de naissance inférieur à 1500 grammes [7] [9].

Parmi les 60% des causes identifiées dans la paralysie cérébrale, il est possible de les classer selon la date d'apparition : atteintes prénatales (70% des origines connues), atteintes périnatales (20%) et atteintes post-natales jusqu'à deux ans (10%) [7].

Les principales étiologies sont [7] [8] :

- Anténatales :
 - Un AVC,

- Une infection materno-fœtale comme la toxoplasmose, la rubéole ou encore le CMV, ou entraînée par des causes extérieures (radiologie, intoxication médicamenteuse ou industrielle)
- Une hypoxie-ischémie provoquée par des complications placentaires,
- Des malformations cérébrales,
- Des causes génétiques.
- Périnatales :
 - Une asphyxie périnatale,
 - Un ictère sévère,
 - Les causes identiques aux anténatales : AVC, infection materno-fœtale et causes génétiques.
- Postnatales :
 - Une hypoxie-ischémie,
 - Un traumatisme (traumatisme crânien, syndrome du bébé secoué...),
 - Un AVC,
 - Une infection comme la méningite par exemple.

4. Classifications

Plusieurs classifications de la paralysie cérébrale peuvent être faites selon les atteintes motrices ou encore la topographie (*figure 1*).

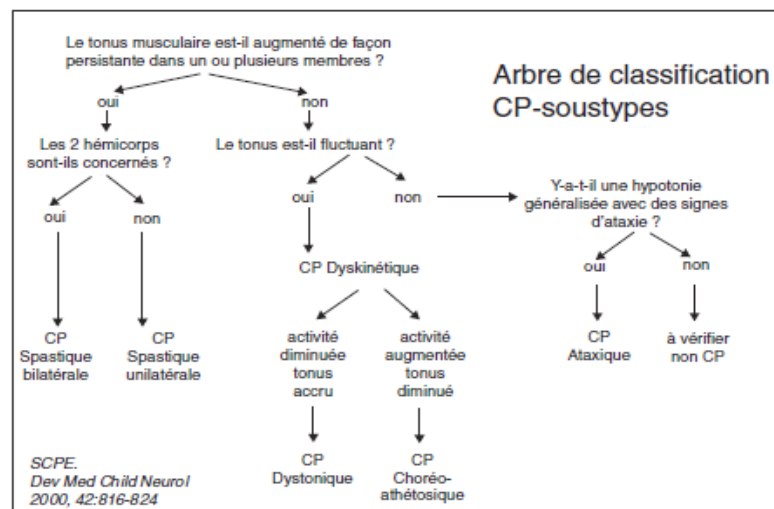


Figure 1 : Classification des paralysies cérébrales [3]

Tout d'abord, il existe plusieurs formes cliniques de paralysie cérébrale : spastiques (85%), dyskinétiques (7%) et ataxiques (5%). Il peut également y avoir une association de ces atteintes créant ainsi la forme mixte [7] [10]. Ces formes cliniques se différencient en fonction des zones cérébrales touchées et entraînent ainsi des conséquences motrices différentes [7].

La classification selon les troubles moteurs (*figure 2*) [7]

Forme	Prévalence	Localisation atteinte	Caractéristiques
Spastique	Entre 70 et 80%	Atteinte du système moteur	Hyperactivité involontaire, intermittente ou prolongée, de certains muscles squelettiques
Dyskinétique	Environ 6%	Atteinte des ganglions de la base	Mouvement involontaire
Ataxique	Environ 6%	Atteinte du cervelet	Mouvements mal coordonnés. Trouble de l'équilibre et sens des repères dans l'espace.
Mixte			Combinaison des atteints

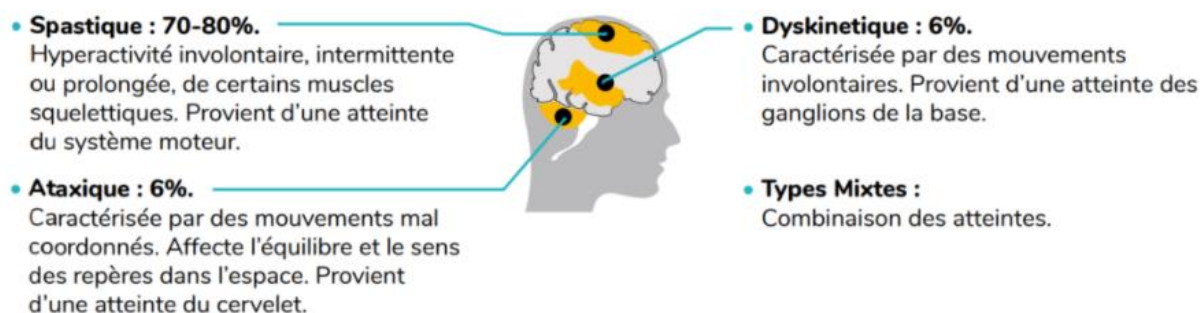


Figure 2 : Classification selon les troubles moteurs [3]

Par ailleurs, il est également possible de classer les formes cliniques de cette pathologie en fonction de la topographie. Ainsi, trois catégories peuvent être individualisées [7] :

- Formes unilatérales :
 - Hémiplégie (ou hémiparésie) : un membre inférieur et un membre supérieur du côté homolatéral sont atteints.
 - Monoplégie (ou monoparésie) : un seul membre, supérieur ou inférieur, est affecté.

- Formes bilatérales :
 - Diplégie (ou diparésie) : les deux membres inférieurs sont affectés avec une atteinte plus ou moins importante des membres supérieurs.
 - Triplégie (ou triparésie) : trois des quatre membres sont touchés.
 - Tétraparésie : les quatre membres sont affectés et, le plus souvent, les muscles au niveau du tronc et de la face le sont aussi.

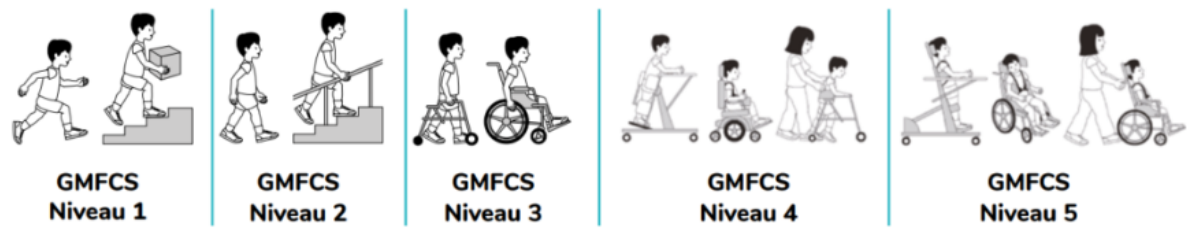
Néanmoins, ces deux premières classifications ne suffisent pas pour décrire les atteintes aux niveaux moteur et fonctionnel [11].

Ainsi, le Gross Motor Function Classification System (GMFCS) (*figure 3*) a été créé pour classer les enfants atteints de paralysie cérébrale selon leur fonction motrice globale (capacité volontaire de générer des mouvements), notamment concernant la position assise, les transferts et la mobilité [11] [12] [13].

Cette échelle est internationale et possède cinq niveaux :

- «- Niveau I : Marche sans restriction de mouvements
- Niveau II : Marche avec restriction de mouvements
- Niveau III : Marche avec aide technique à la marche
- Niveau IV : Mobilité autonome avec restriction des mouvements ; peut utiliser une aide motorisée
- Niveau V : Déplacement en fauteuil roulant manuel, poussé par un adulte» [12].

Cette classification a été étendue pour prendre en compte le maximum d'enfants. Ainsi, les niveaux diffèrent selon les tranches d'âge. Il est possible de noter cinq catégories d'âges : avant 2 ans, entre 2 et 4 ans, entre 4 et 6 ans, entre 6 et 12 ans, entre 12 et 18 ans [12] [13].



Niveau 1 : Capable de courir et de monter les escaliers sans aide des membres supérieurs (MS) (40%)
Niveau 2 : Marche sans aide et monte les escaliers avec aide des MS (20%)
Niveau 3 : Marche avec aide technique et utilise un fauteuil roulant manuel (FRM) sur les plus longues distances (12%)
Niveau 4 : Marche d'intérieur avec aide technique et/ou humaine, FRM ou fauteuil roulant électrique (FRE) pour la plupart des trajets (14%)
Niveau 5 : Aucune capacité de déplacements autonomes, pas de tenue de tête (12%)

Figure 3 : GMFCS [7]

Une autre forme de classification fonctionnelle a été mise en place et considère l'utilisation des mains des enfants atteints de paralysie cérébrale dans des activités quotidiennes. C'est la Manual Ability Classification System (MACS). La particularité de cette échelle est qu'elle évalue l'action des mains ensemble et non séparément. Cette classification se fait selon cinq grades [11] [14] (*Annexe 1*).

5. Troubles cliniques variés et troubles associés

La paralysie cérébrale va avoir comme conséquences des limitations d'activité dans la vie quotidienne avec des troubles du mouvement et/ou de la posture, parfois associés à des difficultés cognitives et/ou sensorielles [7] [8] [1]. La paralysie cérébrale est donc la cause la plus courante des déficits moteurs chez l'enfant [7]. Cependant, il existe une grande diversité des troubles car chaque enfant atteint présente des manifestations qui lui sont propres selon la zone où se situe(nt) la (ou les) lésion(s) cérébrale(s) et leur gravité [7] [9] [10]. Par exemple, la paralysie cérébrale peut être la cause de troubles neurologiques comme l'épilepsie ou encore des atteintes des fonctions supérieures. En revanche, les troubles sensitifs sont peu fréquents [9]. Par ailleurs, la particularité de la paralysie cérébrale est que, bien que cette pathologie ne soit pas progressive, les troubles associés le sont. Ainsi, au cours du développement, il faut surveiller l'apparition ou l'aggravation de spasticité, de rétractions ou encore de déformations [7], (*figure 4*).

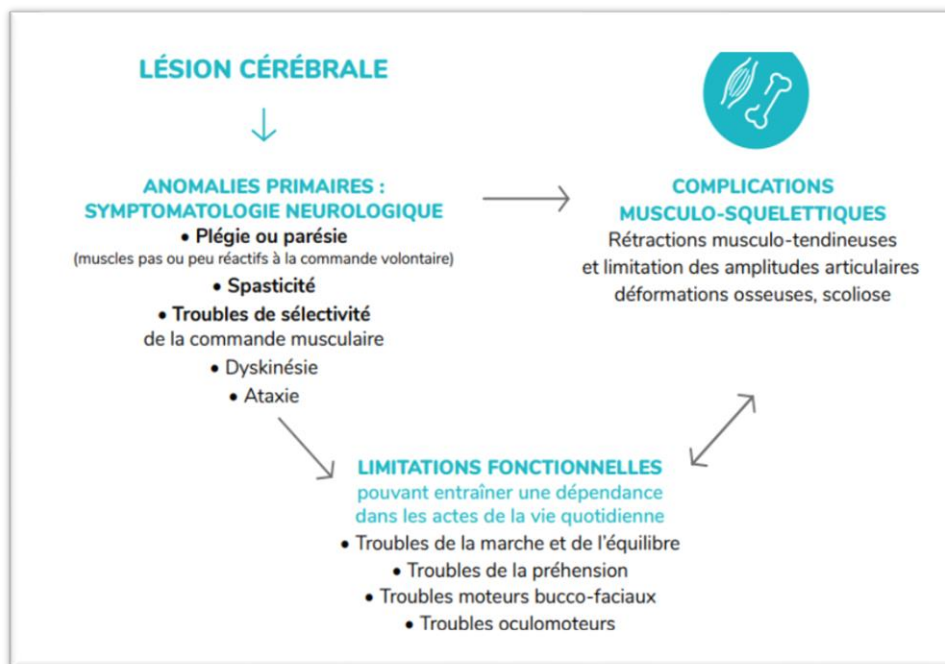


Figure 4 : Troubles cliniques [3]

C. Prendre en charge la paralysie cérébrale

1. Prévenir la paralysie cérébrale

La prévention est un domaine important qui a beaucoup évolué ces dernières années. Il est possible de prévenir la paralysie cérébrale en période prénatale mais également en période néonatale. Ainsi, de nouvelles techniques de prévention ont vu le jour et sont aujourd'hui fortement recommandées [15].

Concernant la prévention prénatale, l'utilisation de sulfate de magnésium avant un accouchement prématuré ou encore de corticostéroïdes permettant une diminution des hémorragies intracrâniennes et utilisés comme des neuroprotecteurs seraient efficaces [15].

Concernant la prévention néonatale, la prise de caféine prophylactique avant l'extubation chez les nouveau-nés prématurés ventilés mécaniquement et l'hypothermie thérapeutique

commencée prématurément après l'accouchement chez les enfants nés à terme mais victimes d'encéphalopathie ou d'asphyxie sont des techniques prouvées scientifiquement [15].

2. Recommandations de bonne pratique en France

Le 6 décembre 2021, la HAS a mis en ligne des recommandations de bonne pratique sur la rééducation et réadaptation de la fonction motrice de l'appareil locomoteur des personnes diagnostiquées de paralysie cérébrale. Ces recommandations concernent les enfants (de 2 à 12 ans), les adolescents (de 12 à 18 ans) ainsi que les adultes de plus de 18 ans [16].

Ces recommandations ont trois objectifs principaux [17] :

- «- guider les indications et les modalités de la rééducation et de la réadaptation de la fonction motrice de l'appareil locomoteur ;
- identifier des populations des personnes (âge, sévérité, etc.) nécessitant des traitements spécifiques de rééducation et de réadaptation de la fonction motrice de l'appareil locomoteur ;
- préciser l'intérêt des interventions novatrices de rééducation et de réadaptation de la fonction motrice de l'appareil locomoteur» [17].

Ainsi, ces premières recommandations se focalisent sur la fonction motrice mais elles excluent différentes fonctions comme les fonctions motrices oro-bucco-faciales, oculaires, digestives, vésico-sphinctériennes et ano-rectales [17].

Une synthèse de la priorisation des interventions en rééducation et en réadaptation obtenue par ce travail de recommandations de bonne pratique a été publié par la HAS (*figure 5*) [17].

Interventions en rééducation et en réadaptation	Priorité		
	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 cardiorespiratoire 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 = secondairement prioritaire ; 3 = non prioritaire.

Figure 5 : Priorisation des interventions en rééducation et en réadaptation [17]

3. Recommandations à l'étranger

Des recommandations existent dans d'autres pays comme le Royaume-Uni, l'Italie ou encore la Pologne. Ces dernières ont été publiées avant celles de la France.

Au Royaume-Uni, le *National Institute for Health and Care Excellence* (NICE) fait régulièrement des mises à jour dans un guide de recommandations. Dans ce même principe, l'Italie souligne l'importance des recommandations dans la rééducation des enfants atteints de paralysie cérébrale car la prise en charge de ces enfants est aujourd'hui très hétérogène (ce qui peut notamment être expliqué par la grande diversité des signes et formes cliniques). En

revanche, la critique que l'on peut faire est que les recommandations italiennes s'intéressent essentiellement à la forme spastique de la paralysie cérébrale car c'est celle que l'on retrouve le plus souvent [18] [19].

L'ensemble des recommandations disponibles dans ces pays, s'accordent sur de nombreux points. Ainsi, il semble nécessaire que ces enfants soient pris en charge par une équipe pluridisciplinaire et que, par ailleurs, les parents soient également inclus dans cette équipe. De plus, réaliser une bonne évaluation (principalement grâce aux IRM) avec des bilans reproductibles est également un élément qui ressort. En effet, avoir un bon point de départ permet d'établir un plan de prise en charge, et donc de rééducation, avec des objectifs précis [18] [19] [20].

4. La prise en charge

Avant le mois de décembre 2021, aucune recommandation de bonne pratique n'était publiée. Pour autant, certains objectifs de prise en charge ont pu être établis et codifiés, notamment à l'aide de la Classification Internationale du Fonctionnement, du Handicap et de la Santé (CIF). Ces derniers sont fondés selon le résultat souhaité et concernent différents niveaux : «structures corporelles et niveau de fonction, niveau d'activité, niveau de participation, niveau de facteurs environnementaux, niveau de facteurs personnels, niveau combiné de structures corporelles et d'activités, niveau combiné d'activités et de participation.» (Novak I et al., 2020) [15]. Pour cela, on relève des actions dans le domaine de la santé, des actions pharmacologiques, chirurgicales, de médecine régénérative ou encore de médecine complémentaire et/ou alternative [15]. On peut donc ici mettre en parallèle ces différentes actions émises par Novak I et al. en 2020 avec les recommandations de bonne pratique publiées par la HAS.

La revue systématique de 2020 a permis d'établir différents niveaux de recommandations [15] :

- «- Faites-le (interventions feu vert, allez-y),
- probablement le faire (lumière jaune, faiblement positif),
- je ne le fais probablement pas (lumière jaune, faiblement négatif),
- ne le faites pas (feu rouge, arrêtez les interventions)» [15].

La prise en charge d'un patient diagnostiqué de paralysie cérébrale nécessite une évaluation initiale et une évaluation de suivi. Les différents outils d'évaluation ont été développés par la HAS [16].

Prendre en charge la paralysie cérébrale est complexe car les signes cliniques sont variés. Toutefois, il ne faut pas oublier qu'associer plusieurs techniques semble être favorable pour obtenir les résultats souhaités, d'autant plus lorsque plusieurs facteurs entrent en jeu [15]. De plus, il est parfois préférable de traiter deux signes cliniques simultanément plutôt qu'individuellement [15].

Les déficiences motrices sont les conséquences principales chez les enfants atteints de paralysie cérébrale. Ainsi, de nombreuses études ont permis d'établir un «feu vert» [15] (c'est-à-dire une recommandation positive) concernant les interventions s'appuyant sur l'entraînement. On peut ainsi citer la thérapie par le mouvement induit par la contrainte, l'entraînement bimanuel ou encore l'entraînement sur tapis roulant [15].

Ces recommandations positives de 2020 ont été réévaluées par la HAS. Ainsi, les entraînements spécifiques à la marche arrière et à la marche sur tapis roulant ne sont plus indiqués en première intention, contrairement au renforcement musculaire ou à l'entraînement à la marche conventionnelle. Dans le même principe, concernant les programmes de rééducation et réadaptation intensives chez les enfants et les adolescents, il s'avère que la thérapie par contrainte induite du mouvement (CIMT) ainsi que sa version modifiée ne soit plus prioritaire dans les techniques à mettre en place contrairement à l'entraînement intensif bimanuel main-bras (HABIT) et l'entraînement intensif bimanuel main-bras incluant les membres inférieurs (HABIT-ILE). Chez les adultes, aucun de ces programmes intensifs n'est recommandé [16] [17].

Par ailleurs, un environnement préférentiel de l'enfant peut amener à une amélioration de la récupération motrice [15]. C'est pourquoi l'éducation thérapeutique du patient et de sa famille est prioritaire dans la prise en charge [16] [17].

Concernant la récupération motrice, la similarité de toutes les interventions est la favorisation des mouvements actifs auto-générés dans lesquels l'enfant trouve un intérêt dans sa vie

quotidienne. En effet, la motivation et la participation ont une place importante dans la récupération motrice. Par ailleurs, les actions passives sont moins efficaces [15]. C'est pourquoi, peu importe la technique utilisée, l'approche fonctionnelle doit être orientée vers la tâche [16].

Novak et al. et la HAS s'accordent sur la rééducation robotisée et/ou informatisée. En effet, les jeux informatiques interactifs et la thérapie par réalité virtuelle avaient une recommandation «jaune, faiblement positive» [15] en 2020 et restent secondairement prioritaires dans les nouvelles recommandations [15] [16] [17]. Les enfants y voient tout de même un intérêt et donc une efficacité [15].

Enfin, les actions de médecine complémentaire et/ou alternative n'ont pas de haut niveau de preuve et de recommandation [15].

Un des points importants est la prise en charge de la spasticité, d'autant plus que les formes spastiques de paralysie cérébrale sont les plus fréquentes. Ainsi, de nombreuses interventions pharmacologiques et neurochirurgicales sont efficaces pour traiter la spasticité. Par exemple, pour améliorer la mobilité fonctionnelle, il est possible de réduire la spasticité à l'aide d'un agent pharmacologique (feu vert) ou encore d'augmenter la force musculaire (et l'endurance) des membres inférieurs grâce à l'entraînement en force (feu vert). Cependant, associer ces deux techniques permettrait un meilleur résultat [15].

En revanche, pour prendre en charge la dystonie (forme moins fréquente), les preuves concernant les agents pharmacologiques sont moins fortes [15].

La paralysie cérébrale entraîne des complications autres que les déficiences motrices qu'il faut gérer. Ainsi, diminuer la douleur reste un objectif majeur et elle doit être systématiquement évaluée au cours d'une prise en charge mais également lors des activités de la vie quotidienne [15] [16]. On peut également noter la gestion des contractures, la surveillance des hanches et la surveillance respiratoire [15].

Enfin, il est possible de noter que la pratique d'une activité physique et sportive est essentielle et prioritaire pour réduire la morbidité générale et la mortalité [15].

D. Le système nerveux et la plasticité cérébrale

1. Le système nerveux central

Le système nerveux central (SNC) est composé de deux types de cellules qui sont en étroite relation : les neurones ou cellules nerveuses et les cellules gliales (*figure 6*). Les neurones « reçoivent, génèrent et transmettent les messages nerveux et assurent les différentes fonctions cérébrales » [21]. Alors que les cellules gliales ont un rôle de soutien et de protection du tissu neuronal. Elles jouent un rôle important lors de la migration et maturation des cellules neuronales. Les cellules gliales sont en nombre beaucoup plus important que les neurones [21].

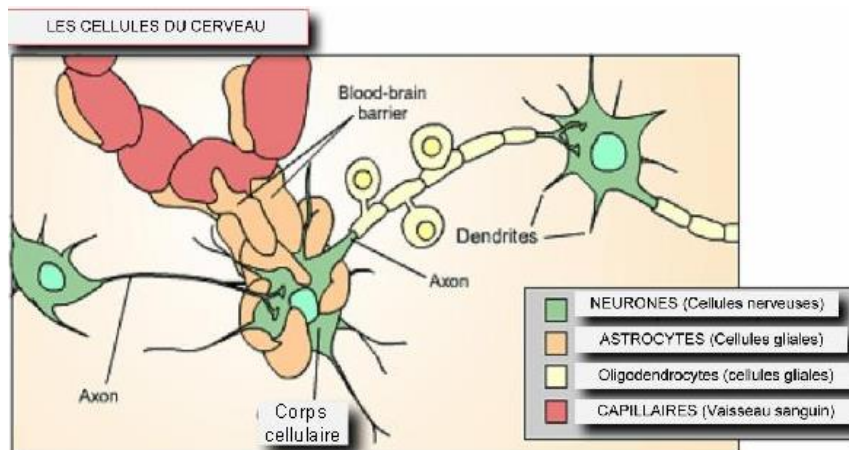


Figure 6 : Les neurones et les cellules gliales

Deux sortes d'informations sont perçues par le SNC [22] :

- Des informations apportées par nos différents sens qui viennent de l'environnement extérieur.
- Des informations provenant du milieu intérieur (proprioception, intéroception).

Le SNC se compose du cerveau et de la moelle épinière [23]. Le cerveau se divise en trois parties : le cerveau antérieur, le cerveau moyen et le cerveau postérieur [21]. Le cerveau est un organe composé d'environ cent milliards de neurones à la naissance. La particularité de cet organe est que, alors que le nombre de neurone n'augmente plus, les connexions entre eux commencent à se créer. Ces connexions sont appelées les synapses. Ainsi, un nouveau-né ne possède que 10% de ces synapses [24].

Le cerveau antérieur correspond aux hémisphères cérébraux qui eux-mêmes se partagent en lobes : frontal, pariétal, occipital et temporal [21]. Chacun de ces lobes possède un (ou plusieurs) rôle(s). Ainsi, le lobe frontal contrôle le raisonnement, le langage et la coordination motrice volontaire (aire de Brodmann) tandis que le lobe pariétal intervient dans le contrôle du corps et de l'environnement. Le lobe occipital, quant à lui, joue un rôle dans l'intégration des messages. Enfin, le lobe temporal régule l'audition, la mémoire et les émotions (*figure 7*) [23]. Le cerveau est un organe symétrique. Toutefois, plusieurs études ont montré une asymétrie hémisphérique, notamment concernant différentes fonctions et actions [25].

A l'intérieur de ces hémisphères se trouvent le striatum (noyau caudé et putamen), le noyau sous-thalamique et le palladium qui ensemble forment les ganglions de la base. Ces ganglions associés au thalamus constituent les noyaux gris centraux. Ils participent au contrôle et à la programmation de la motricité involontaire. En effet, ils sont liés de façon indirecte aux aires motrices corticales et agissent sur les systèmes moteurs descendants [21].

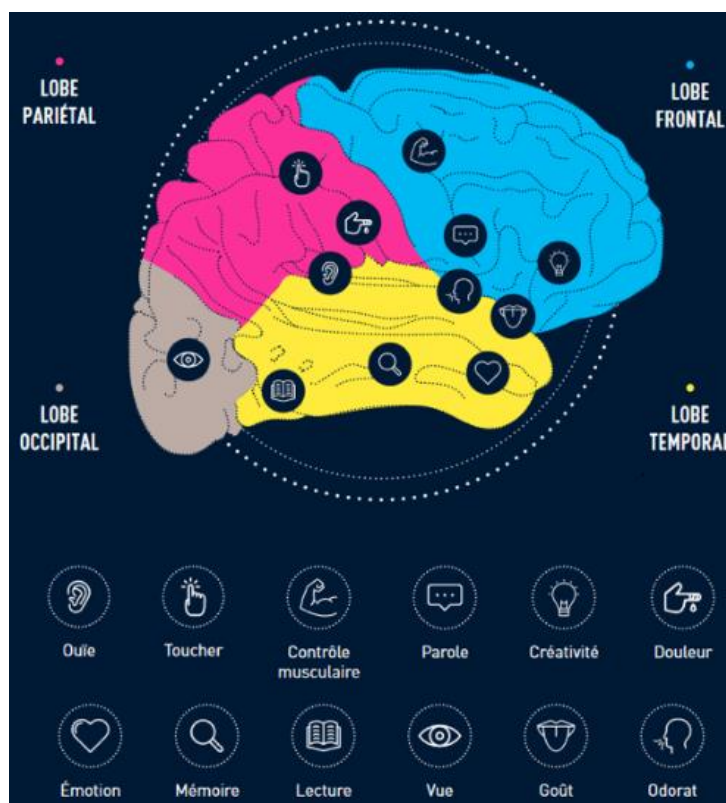


Figure 7 : Le cerveau et les différents rôles des lobes [24]

L'ensemble des structures composant le cerveau moyen et le cerveau postérieur se regroupe dans le tronc cérébral. Ce dernier permet la propagation des informations et la régulation des fonctions vitales. Il se trouve sous les hémisphères cérébraux et se divise en trois parties : le

mésencéphale, le pont et la moelle allongée (ou bulbe rachidien) [21]. Cette dernière partie représente la zone de transition avec la moelle épinière [21] [23].

Le cervelet se loge dans la fosse postérieure. Il reçoit de nombreuses afférences (récepteurs à l'étirement, cortex moteur, systèmes sensoriels...) et émet des efférences. Il prend donc le rôle de «centre de coordination de l'activité musculaire somatique et de régulation du tonus musculaire» [21]. Il permet également de regrouper et traiter l'ensemble des informations pour permettre une coordination et un maintien des postures et de l'équilibre [21].

La moelle épinière succède au bulbe rachidien et se loge dans le canal rachidien. Elle se poursuit jusqu'à la première ou deuxième vertèbre lombaire. Elle se divise en une corne antérieure motrice et une corne postérieure sensitive. Enfin, les racines spinales antérieures motrices et les racines spinales postérieures sensibles s'associent pour créer les nerfs spinaux [21].

2. La plasticité cérébrale

Le développement du cerveau avec la création des synapses (circuit de neurones) est dépendant des stimulations de l'environnement. Ces stimulations peuvent être sensorielles, motrices ou cognitives. Les modifications que subit le cerveau sont proportionnelles au temps accordé aux différentes stimulations apportées [24].

La plasticité cérébrale, aussi appelée neuroplasticité, est la capacité dynamique du système nerveux central à subir une maturation et donc changer, que cela soit d'un point de vue structurel ou fonctionnel. La plasticité cérébrale intervient au niveau des synapses, des connexions neuronales dans le but de gagner ou de perdre une fonction ou un comportement [26]. Le cerveau est donc un système dynamique qui se modifie par les expériences et les stimulations extérieures [23] [27].

La plasticité cérébrale permet de s'ajuster face à des événements extérieurs soumis par l'environnement. Cela est permis par le développement prénatal du cerveau mais surtout grâce aux modifications et créations des synapses au cours de la vie [22] [24]. Ce processus est

particulièrement actif pendant les périodes de développement, d'apprentissage et de mémorisation, c'est-à-dire pendant l'enfance [23] [26]. Ainsi, les premiers mois de vie ont une dimension primordiale dans la création des connexions nerveuses (et le développement moteur). On parle alors de «périodes sensibles» [4]. Cette aptitude de plasticité cérébrale est donc particulièrement importante chez l'enfant [28]. Toutefois, elle continue pendant la vie adulte [23] [24].

I. Npochinto Moumeni décrit trois types de plasticité cérébrale [27] :

- La plasticité développementale : elle correspond à celle établie lors du développement du système nerveux.
- La plasticité induite par la lésion : entre en jeu à la suite d'une lésion du système nerveux central.
- La plasticité positive ou maladaptative : elle entraîne une modification du comportement.

Des processus de plasticité cérébrale se mettent en place à la suite de lésions cérébrales [24]. Dans ce cas, la plasticité cérébrale se définit par «l'ensemble des processus visant à développer, modifier ou constituer des connexions, en conformité avec le modèle fixé génétiquement pour chaque espèce» [27].

Dans certaines situations, des lésions peuvent survenir avant la naissance ou pendant l'enfance, c'est-à-dire pendant le développement du système nerveux. Dans ce cas, une réorganisation structurelle et fonctionnelle au niveau de ce système nerveux est possible et ainsi permettre de pallier à d'éventuels troubles [28].

Des troubles de schémas de plasticité cérébrale ont récemment été décrits chez les enfants ayant une lésion congénitale du système nerveux central. Ainsi, ces enfants peuvent développer une plasticité compensatoire intermodale [26].

3. La genèse d'un mouvement

Pour qu'un mouvement volontaire puisse être réalisé, cela nécessite un objectif (une tâche motrice qui doit être réalisée) ainsi que la mobilisation et l'immobilisation d'un ou plusieurs segment(s) du corps humain. Ainsi, cela fait intervenir le système nerveux central qui émet une commande, le système musculaire qui reçoit cette commande ainsi que les os et les articulations qui réalisent l'action. L'action qui doit être réalisée est donc le point de démarrage de la boucle sensori-motrice et l'action réellement effectuée est la finalité et le point de sortie de la boucle. Cet ensemble est appelé acte moteur [29].

E. L'imagerie motrice

1. Définition

L'imagerie motrice est une technique non invasive qui est aujourd'hui de plus en plus intégrée dans les recommandations de pratique clinique. Elle consiste en la simulation interne d'un mouvement sans entraîner son exécution physiquement [30] [31] [6]. La pratique mentale est définie par la répétition de ces séquences d'imagerie motrice [31].

Il existe de nombreuses études prouvant que la stimulation des zones du cerveau responsables des mouvements était retrouvée lors de l'imagerie motrice. En effet, la représentation mentale d'un mouvement sans l'effectuer permettrait tout de même d'envoyer des signaux aux restes des éléments composant la boucle de l'acte moteur (notamment les muscles). Ainsi, l'imagerie motrice joue sur la plasticité cérébrale par une réorganisation de certaines zones neuronales activées qui semblent similaires à celles observées lors d'un mouvement ou d'une action. Nous pouvons donc en dire que c'est un processus cognitif, utilisant la représentation mentale d'un mouvement, les paramètres visuo-spatiaux ou encore la synchronisation pour agir notamment sur la planification motrice et donc l'exécution motrice [30] [6].

Par ailleurs, comme le décrit les auteurs dans *Imagerie motrice interne et simulation de l'action chez l'enfant* (Guilber J et al., 2013) [6], plusieurs hypothèses émergent quant à l'action de

cette technique au niveau du système nerveux. Ainsi, au-delà d'entraîner une activation des zones cérébrales identiques à celles stimulées lors d'un mouvement, la simulation d'un mouvement par imagerie motrice permettrait une modulation des voies réflexes spinales, ce qui montre un meilleur contrôle de la voie du système nerveux central vers les effecteurs moteurs. Une action au niveau du système autonome peut également être observée par une anticipation des changements corporels que crée la réalisation d'un mouvement. Cependant, cette idée est démentie par d'autres études [6].

Selon la théorie de la simulation, la réalisation d'une action se décompose en deux phases : une phase d'anticipation et une phase d'exécution. Le premier temps est invisible mais implique l'ensemble du processus d'une action réalisée mais non exécutée. Autrement dit, ce premier temps comprend l'objectif de l'acte mais aussi sa signification ou encore ses conséquences. Ainsi, l'analogie entre la simulation et l'exécution expliquerait l'efficacité de l'imagerie motrice sur le progrès de la réalisation d'une action [30] [6].

Par ailleurs, il semblerait qu'il y ait non seulement un réel lien entre l'imagerie motrice et la planification mais aussi entre l'imagerie motrice et la performance motrice [32].

2. Les différents types d'imagerie motrice

L'imagerie motrice est une technique qui peut se décliner sous différentes formes selon le type d'indications sur lesquelles elle s'appuie : visuelle ou kinesthésique. Ainsi, elle peut être interne ou externe [6].

Tableau 1 : Les formes d'imagerie motrice selon Guilbert J et al. [6]

Formes d'imagerie motrice	Description
Imagerie motrice interne	<ul style="list-style-type: none"> - Aussi décrite à la première personne - C'est un état dynamique au cours duquel l'individu simule mentalement une action réelle - Se sentir faire, au plan kinesthésique, et sentir les conséquences corporelles de l'action
Imagerie motrice externe	<ul style="list-style-type: none"> - Aussi décrite à la troisième personne - Basée exclusivement sur des données visuelles - Cela implique une représentation visuelle de l'action ou de l'espace où s'effectue cette dernière - Se voir faire

Enfin, l'imagerie motrice est une technique qui peut à la fois être utilisée pour des actions utilisant l'intégralité du corps (comme marcher ou courir par exemple) ou pour des actions plus précises (mouvement d'une articulation spécifique ou tâche ciblée comme écrire par exemple) [6].

3. Les indications et les contre-indications à l'imagerie motrice

Actuellement, des études ont montré que l'imagerie motrice est recommandée en neurologie centrale (accident vasculaire cérébral, hémiplégie...), dans le cadre des douleurs au niveau des membres (Syndrome Douloureux Régional Complexe, douleur du membre fantôme...) ou encore lors d'une immobilisation plus ou moins prolongée. Tout cela prouve que cette technique semble être applicable dans de nombreux domaines rééducatifs [30]. Par ailleurs, chez les personnes en bonne santé, son efficacité pour développer les performances motrices et apprendre certaines actions motrices est prouvée [31].

Il ne semble pas y avoir de contre-indication absolue à la mise en pratique de l'imagerie motrice en rééducation. Cependant, il est possible de relever des contre-indications relatives. Ainsi, cette

technique peut amener à une hyper-confiance (c'est-à-dire une surestimation de ses capacités réelles) ou encore une persistance d'une douleur ou d'une gêne dans le cadre d'un traitement d'un SDRC ou d'une douleur d'un membre fantôme [30].

4. Application de l'imagerie motrice en rééducation

Jusqu'à maintenant, l'utilisation de l'imagerie motrice comme technique dans la rééducation et donc la récupération des fonctions motrices a été principalement démontrée pour des patients adultes mais également chez les enfants atteints de troubles de la coordination du développement moteur ou ayant eu un traumatisme crânien. Chez ces patients, il a été montré que l'imagerie motrice a notamment permis d'améliorer la conscience motrice et l'utilisation de stratégies motrices [6] [2] [33] [34].

Cette technique permet de se concentrer sur la planification motrice plutôt que sur l'exécution motrice en tant que telle (aspect plus souvent rééduqué). Certaines études indiquent que l'imagerie motrice et la planification motrice seraient guidées par les mêmes structures neuronales [6] [2] [30] [32].

Selon Dickstein et al., certaines variables sont nécessaires à la mise en pratique de l'imagerie motrice. Il s'agit de «la familiarité de la tâche, la motivation et la mémoire de travail» [31].

Il existe peu de descriptions détaillées d'un protocole pour introduire l'imagerie motrice dans une prise en charge. Braun et al. décrivent un protocole adaptable en 5 étapes :

«évaluer la capacité mentale d'apprendre la technique d'imagerie, établir la nature de la pratique mentale, enseigner la technique de l'imagerie, intégrer et surveiller la technique d'imagerie, développer des traitements auto-générés» [30].

Ce dernier protocole a été établi pour des adultes ayant été victimes d'un Accident Vasculaire Cérébral (AVC) [34].

5. La place de l'imagerie motrice dans la paralysie cérébrale

Aujourd'hui, il existe de nombreux moyens utilisés dans la rééducation des fonctions motrices des enfants atteints de paralysie cérébrale. On peut ainsi citer les injections de toxines botuliques, l'utilisation d'orthèses ou encore la thérapie par le mouvement induit par la contrainte et les étirements [2] [32] [33]. Cependant, il semblerait que ces techniques ne permettraient pas une récupération complète des fonctions motrices (notamment du membre supérieur) dans les actions de la vie quotidienne. C'est pour cela que de nouvelles techniques de rééducation sont aujourd'hui à l'étude, dont l'imagerie motrice comme technique complémentaire. En effet, cette technique permettrait de se concentrer sur la planification motrice comme expliqué précédemment [6] [30] [32].

Les études menées auprès d'enfants atteints de paralysie cérébrale suggèrent que l'utilisation de l'imagerie motrice dans la rééducation favorise une certaine récupération des fonctions motrices (notamment du membre supérieur), en se basant sur la planification motrice avec une diminution du temps pour effectuer une tâche [2] [33] [35].

Un autre avantage de l'imagerie motrice est de conserver un programme moteur actif dans les situations où les enfants présentent encore des limitations motrices importantes voire l'immobilisation [2].

III. Problématisation

A. Question de recherche

La paralysie cérébrale est la première cause de troubles moteurs chez l'enfant. Il existe de nombreuses formes cliniques [7]. Parmi l'ensemble de ces formes cliniques, la paralysie cérébrale spastique unilatérale est la plus courante des paralysies cérébrales chez les enfants nés à terme, et la deuxième après la diplégie spastique chez les prématurés [2]. Elle représente 38% de toutes les paralysies cérébrales [33].

Dans le cadre des PCU (un tiers des paralysies cérébrales spastiques [10]), les atteintes du membre supérieur sont plus prédominantes dans les signes cliniques que celles du membre inférieur. Par ailleurs, certaines études ont démontré que, malgré une atteinte unilatérale, les deux membres supérieurs semblent impactés par plus ou moins de déficits [33] [35].

Il a été démontré que dans certaines formes de paralysie cérébrale, diverses étiologies sont avancées pour expliquer les troubles du mouvement. Ainsi, ils pourraient être dus à des déficits de planification motrice et d'imagerie motrice ainsi qu'à des troubles de la conscience corporelle et des troubles sensoriels. Cependant, il est également prouvé que dans d'autres situations, cette capacité d'imagerie motrice peut être préservée. Certains articles décrivent un déficit plus important de la planification motrice lorsque l'hémisphère gauche est touché [6] [32] [33] [35].

Aujourd'hui, la littérature donne de nombreux moyens permettant la rééducation des fonctions motrices des enfants atteints de paralysie cérébrale [2] [32] [33]. Toutefois, de nouvelles techniques de rééducation sont aujourd'hui à l'étude, dont l'imagerie motrice qui est déjà recommandée pour certaines pathologies [30]. Dans la prise en charge de ces enfants, la rééducation vise d'une part l'entretien orthopédique et d'autre part l'exploitation et le développement de leurs capacités, qu'elles soient globales (comme la marche) ou plus élaborées (comme la préhension par exemple).

La technique d'imagerie motrice utilisée dans la rééducation des enfants atteints de paralysie cérébrale entraîne des questionnements. En effet, la question de l'âge à partir duquel les enfants seraient aptes à utiliser cette technique se pose. Un autre questionnement concerne le contexte et le protocole d'application. Ainsi, il faut s'adapter à l'âge de l'enfant, à son niveau de développement ou encore à ses capacités et à son attitude sur le moment (attention, concentration...) [2] [32].

Il semble également nécessaire de se questionner sur l'impact de la localisation de la lésion initiale (notamment quel est l'hémisphère atteint) sur l'utilisation de l'imagerie motrice.

Enfin, il est possible de s'interroger sur l'utilisation de l'imagerie motrice chez des enfants atteints de paralysie cérébrale ayant conservé cette capacité, mais également chez ceux n'ayant pas cette capacité [6] [2] [33] [34] [35].

Il semble donc pertinent de se demander quelles sont les modalités nécessaires à l'utilisation de l'imagerie motrice. La question de recherche est donc la suivante :

Quelles sont les modalités à la mise en place de l'imagerie motrice comme moyen rééducatif dans la prise en charge neuromotrice des enfants atteints de paralysie cérébrale unilatérale ?

La question de recherche peut se décomposer selon les critères PICO :

- **P** (Patient) = enfants atteints de PCU
- **I** (Intervention) = imagerie motrice
- **C** (Comparaison) = prise en charge traditionnelle
- **O** (Outcome) = rééducation neuromotrice

B. Hypothèses

Hypothèses :

- Hypothèse 1 : L'âge des enfants atteints de PCU joue un rôle dans la mise en place de l'imagerie motrice comme moyen rééducatif dans la prise en charge neuromotrice.
- Hypothèse 2 : La localisation de la lésion intervient dans la mise en place de l'imagerie motrice comme moyen rééducatif dans la prise en charge neuromotrice.

- Hypothèse 3 : La PCU engendre des conséquences à prendre en compte dans les modalités à la mise en place de l'imagerie motrice comme moyen rééducatif dans la prise en charge neuromotrice.
- Hypothèse 4 : L'association de l'imagerie motrice à une autre technique est une des modalités à la mise en place de l'imagerie motrice comme moyen rééducatif dans la prise en charge neuromotrice.

IV. Méthodologie

A. Choix de la méthode et objectifs

La question de recherche énoncée précédemment amène vers la réalisation d'une revue de la littérature.

Les objectifs de cette revue sont les suivants :

- Réaliser un état des lieux des données disponibles concernant la technique d'imagerie motrice dans la rééducation de la PCU.
- Déterminer les différentes modalités décrites à la mise en place de l'imagerie motrice comme moyen rééducatif dans la prise en charge neuromotrice des enfants atteints de PCU.
- Evaluer les niveaux de preuves des documents / études disponibles.

L'élaboration et la rédaction de la revue de la littérature sont inspirées de la méthode PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses*) [36]. La première partie de cette méthode, visant à sélectionner les articles de la revue, se décompose en 4 étapes [37] :

- Première étape : Identification des références et importation vers le logiciel Zotero
- Deuxième étape : Identification et élimination des références présentes en double
- Troisième étape : Sélection des articles à partir du titre et du résumé
- Quatrième étape : Evaluation de l'éligibilité des articles (lecture complète)

La méthode décrite commence donc par les recherches sur les différentes bases de données. Pour cela, il est nécessaire de mettre en place une stratégie de recherche, notamment décrite par les auteurs Jean-Philippe Regnaud et Rémi Remondière dans leur article paru en 2018. Cette stratégie comprend les critères d'éligibilité (inclusion et exclusion), les bases de données utilisées mais aussi les mots-clés et les équations de recherche [38].

B. La stratégie de recherche

1. Les mots-clés

Les mots-clés ont été classés selon le modèle PICO (*Patient Intervention Comparison Outcome*). Ils ont été établis à partir de la question de recherche et traduit grâce, notamment, au site HeTOP (*Tableau 2*).

Tableau 2 : Termes PICO et synonymes

	Descripteurs PICO français	Synonymes PICO français	Descripteurs PICO anglais	Synonymes PICO anglais
P	- Enfants - Paralyse cérébrale unilatérale	- Nourrisson - Adolescent - Infirmité Motrice Cérébrale - Hémiplégie - Hémiplégie infantile	- Child - Cerebral palsy	- Infant - Adolescent - CP - Hemiplegia - Hemiplegia, infantile
I	- Imagerie motrice - Modalités	- Conditions	- Motor imagery	- Imagery
C	- Kinésithérapie (spécialité)		- Physical therapy specialty	
O	- Rééducation et réadaptation - Rééducation neuromotrice	- Récupération (neuromotrice)	- Rehabilitation	- Neurological rehabilitation - Motor activity

Parmi les mots-clés, certains correspondent à des descripteurs MeSH. Le Medical Subject Headings (MeSH) est un répertoire de mots-clés référence dans le domaine biomédical (Tableau 3). Ces descripteurs MeSH vont être utilisés préférentiellement dans les bases de données (notamment PudMed) [39].

Tableau 3 : Descripteur MeSH

Descripteur MeSH	
Français	Anglais
Paralysie cérébrale	Cerebral palsy
Enfant / Adolescent / Nourrisson	Child / Adolescent / Infant
Hémiplégie	Hemiplegia
Kinésithérapie	Physical therapy specialty
Rééducation et réadaptation	Rehabilitation

2. Les bases de données et les équations de recherches

Les bases de données consultées sont PubMed, Sciencedirect et Cochrane Library.

Les équations de recherches ont été formulées à partir des mots-clés décrits précédemment. Par ailleurs, elles ont été formulées le plus possible à l'aide de descripteurs MeSH. Les recherches sur les bases de données ont été effectuées durant le mois de novembre 2021. Des actualisations ont été réalisées au mois de janvier et février 2022.

Equations de recherche utilisées dans la base de données PubMed :

Plusieurs équations ont été établies pour avoir le plus grand nombre de résultats répondant à la question de recherche. L'une de ces équations de recherche est plus large. Néanmoins, le nombre de résultats obtenus [27] restait assez réduit pour pouvoir analyser le titre et le résumé des articles. Elle a donc pu être conservée.

Les équations sont donc les suivantes :

- (((infant[MeSH Terms]) OR (child[MeSH Terms])) OR (adolescent[MeSH Terms])) AND (cerebral palsy[MeSH Terms]) AND (imagery[MeSH Terms])

- (cerebral palsy[MeSH Terms]) AND (motor imagery)

Equations de recherche utilisées dans la base de données Sciencedirect :

- Paralysie cérébrale ET enfant ET imagerie motrice ET rééducation

Dans cette base de données, un critère d'inclusion supplémentaire a été ajouté pour affiner la recherche. En effet, l'équation de recherche permettait d'obtenir 178 résultats. En sélectionnant seulement les revues et les essais, le nombre de résultats se réduit à 32 articles.

Equations de recherche utilisées dans la base de données Cochrane Library :

Dans cette base de données, une première équation de recherche (cerebral palsy AND hemiplegia AND motor imagery AND rehabilitation) avec le complément «Title Abstract Keyword» a été essayée. Cependant, elle n'a permis d'obtenir qu'un seul résultat. Pour s'assurer de sélectionner le maximum d'articles, une équation de recherche plus large utilisant seulement les mots-clés «cerebral palsy» et «motor imagery» a été utilisée, avec le complément de recherche «All text».

C. Critères d'éligibilité des articles

1. Critères d'inclusion

Le premier critère d'inclusion est la pertinence du titre et du résumé des articles. Ils doivent reprendre les différents mots-clés (et/ou synonymes).

Ensuite, les critères concernent la population étudiée. Selon ma question de recherche, la population ciblée appartient au champ de la pédiatrie, c'est-à-dire entre 0 et 18 ans (une exception a été faite en intégrant une étude dont deux des sujets sont âgés de 20 ans). De plus, les enfants doivent être atteints de paralysie cérébrale, et plus spécifiquement de PCU. En revanche, le sexe des enfants, l'âge ou encore l'hémisphère atteint par la pathologie ne sont pas spécifiés.

Les articles doivent aussi comparer la technique d'imagerie motrice à une rééducation plus traditionnelle ou alors analyser la capacité d'imagerie motrice chez les enfants atteints de PCU.

De plus, les articles doivent renseigner sur l'amélioration ou non des capacités motrices de l'enfant. Cependant, il n'y a pas de précision concernant la topographie (membre supérieur, membre inférieur...).

Enfin, les études doivent être disponibles en anglais ou en français et dans leur intégralité.

2. Critères d'exclusion

Dans le but d'inclure le maximum d'articles, aucun critère d'exclusion concernant le type d'article et la date de parution n'a été établi. Cela s'explique par le nombre de résultats obtenus grâce aux critères d'inclusion qui n'est pas trop élevé, ce qui permet une analyse de l'ensemble des documents.

D. Sélection des articles

La sélection des articles à inclure dans ma revue de la littérature est tout d'abord réalisé à partir du titre et du résumé.

La recherche d'articles dans les différentes bases de données a permis d'obtenir soixante-dix résultats. Parmi eux, cinq doublons ont été supprimés. Par ailleurs, sept autres articles ont été identifiés par d'autres sources et d'autres moyens. Ainsi, soixante-douze articles ont été étudiés grâce à leur titre et leur résumé. En finalité, vingt et un articles ont été conservés pour être lus en intégralité et pouvoir être évalués afin d'établir ou non leur éligibilité (*figure 8*).

Par la suite, chacune des études est décrite puis analysée à l'aide la grille de lecture de la HAS. Elles sont également évaluées grâce à des échelles et grilles d'évaluation (PEDro et CAPS). Le risque de biais est enfin étudié dans un dernier temps. Tout cela est réalisé dans le but de vérifier leur cohérence lors de l'analyse et la synthèse des résultats.

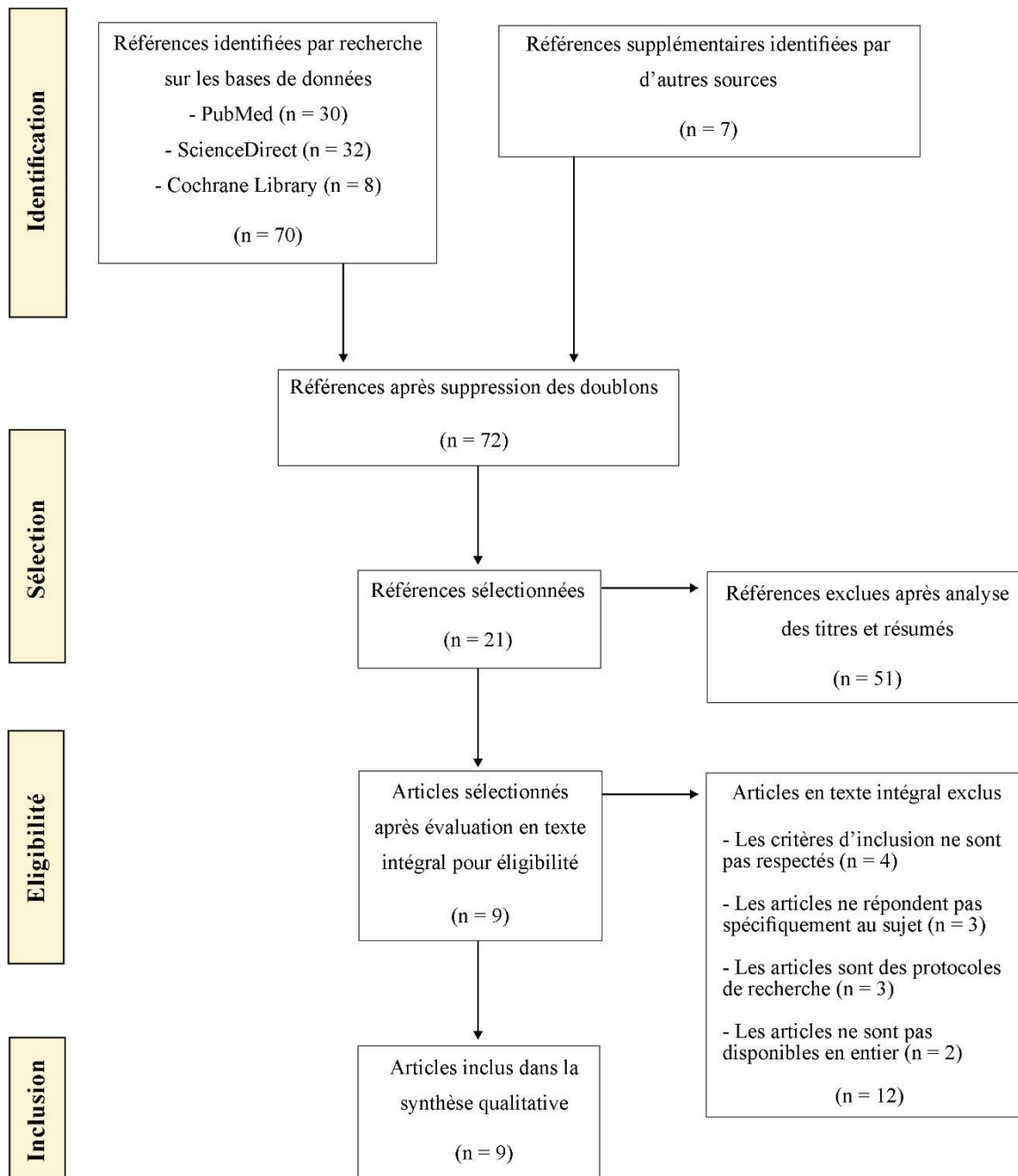


Figure 8 : Diagramme de flux PRISMA [33]

V. Résultats

La lecture complète des articles a réduit le nombre de ceux sélectionnés. En effet, cette lecture a permis de s'apercevoir que certains articles ne respectent pas totalement les critères d'inclusion. Par ailleurs, trois articles sont intéressants mais sont des protocoles de recherche dont les résultats non pas été publiés. La lecture complète a également permis d'éliminer les articles ne traitant pas spécifiquement du sujet. Ainsi, à la fin de cette étape, douze articles ont été exclus pour diverses raisons et neuf articles ont été conservés (*figure 8*) (*Annexe 2*).

Chacune des études est décrite d'après les critères suivants :

- Type d'étude,
- Sujets,
- Intervention,
- Mesure des résultats,
- Comparaison,
- Grade de recommandation HAS [40],
- Niveau de preuve scientifique HAS [40].

A la suite de cette description, chacun des articles sélectionnés est évalué selon différentes grilles et échelle (HAS, CAPS et PEDro). Puis, les résultats des études intéressant notre questionnement sont extraits puis mis en lien entre eux. Les différents risques de biais sont également analysés.

A. Description des articles sélectionnés après lecture complète

- Article 1 : Effect of motor imagery combined with physical practice on upper limb rehabilitation in children with hemiplegic cerebral palsy. [41]

Type d'étude : Essai clinique contrôlé

Sujets : 24 enfants atteints de PCU (de 7 à 14 ans)

Intervention :

- Objectif : évaluer l'efficacité de l'IM combinée à la pratique physique pour améliorer la fonction des membres supérieurs chez les enfants atteints de PCU.
- 2 groupes :
 - Groupe d'intervention (12 enfants) : IM combinée à l'activité physique (activités bimanuelles) deux fois par semaine pendant 8 semaines
 - Groupe contrôle (12 enfants) : thérapie conventionnelle

Mesure des résultats :

- Outil utilisé pour mesurer / évaluer l'effet de l'IM : Assisting Hand Assessment (AHA)
- L'évaluation des vidéos est réalisée par une thérapeute « à l'aveugle »
- «L'intelligence» et l'impact de celle-ci ont été pris en compte grâce à une analyse de la covariance incluant l'intelligence comme une variance

Comparaison :

- Comparaison intra-groupe et inter-groupe
- Comparaison avant l'intervention, après l'intervention et au cours du suivi

Grade de recommandation HAS : B

Niveau de preuve scientifique HAS : 2/4

- Article 2 : Effect of Motor Imagery in Children with Unilateral Cerebral Palsy: fMRI Study. [42]

Type d'étude : Etude comparative non randomisée

Sujets :

- 20 enfants âgés de 6 ans et 10 mois à 20 ans et 10 mois
- HCP : 11 personnes atteintes d'hémiplégie droite (lésion cérébrale gauche) et 9 personnes atteintes d'hémiplégie gauche (lésion cérébrale droite)

Intervention :

- Objectifs : examiner les activations cérébrales chez les patients PCU suite à des tâches d'IM, comparer l'activation cérébrale induite par l'IM selon que le patient imaginait un mouvement de la main effectué par sa main non parétique ou par sa main parétique et évaluer l'effet du côté de la lésion sur l'activation cérébrale
- Imagerie motrice d'un mouvement d'ouverture-fermeture de la main (parétique et non parétique) : analyse des activations cérébrales

Mesure des résultats :

- IRM fonctionnelle, scanner
- Analyse des données d'imagerie

Comparaison : inter-groupe

Grade de recommandation HAS : B

Niveau de preuve scientifique HAS : 2/4

- Article 3 : Motor imagery in children with unilateral cerebral palsy: a case-control study. [43]

Type d'étude : étude cas – témoin

Sujets :

- 214 enfants (57 enfants atteints de PCU et 157 enfants au développement typique)
- Chez les patients atteints de PCU : aucune déficience intellectuelle et aucun déficit de la mémoire du travail

Intervention :

- Objectif de l'étude : vérifier l'intégrité de l'IM dans cette population pour l'utiliser comme moyen de rééducation
- 2 groupes :
 - Cas : 57 enfants atteints de PCU (25 filles et 32 garçons), âgés de 6 à 14 ans
→ séparés en 2 groupes : 32 PCU droites et 25 PCU gauches
 - Témoin : 157 enfants au développement typique, âgés de 6 à 13 ans
- Les enfants ont réalisé les différents tests individuellement

Mesure des résultats :

- L'intelligence : pour s'assurer de l'homogénéité des groupes d'enfants et lien entre le QI et les performances dans la tâche HLJ
- Test d'orientation droite – gauche
- Mémoire de travail avec le test *backward Corsi Cubes*
- Performance fonctionnelle : «évaluation de la main aidant pour évaluer l'efficacité avec laquelle un enfant atteint d'une paralysie cérébrale unilatérale utilise le membre supérieur affecté au cours d'activités nécessitant une coordination bimanuelle»
- Tâche d'imagerie motrice à l'aide d'une version modifiée de la tâche HLJ

Comparaison intra-groupe et inter-groupe

Grade de recommandation HAS : C // Niveau de preuve scientifique HAS : 3/4

- Article 4 : Motor imagery training promotes motor learning in adolescents with cerebral palsy: comparison between left and right hemiparesis. [35]

Type d'étude : Etude comparative

Sujets : 49 participants âgés de 11 à 16 ans atteints de paralysie cérébrale (hémiparésie droite ou gauche)

Intervention :

- Evaluer l'effet de l'imagerie motrice sur l'apprentissage moteur chez les adolescents atteints de paralysie cérébrale
- Différents groupes expérimentaux et groupe témoin
- Expérimentation sur 2 jours avec un protocole défini (IM seule ou associée à la pratique physique / pratique physique seule)

Mesure des résultats :

- Effet de l'IM sur les performances motrices en fonction du côté de l'hémiparésie (comparaison des deux groupes expérimentaux)
- Effet de l'IM associée à la pratique physique
- Mesure de l'effet sur la performance motrice et son maintien dans le temps

Comparaison : inter-groupe

Grade de recommandation HAS : B

Niveau de preuve scientifique HAS : 2/4

- Article 5 : Children with unilateral cerebral palsy show diminished implicit motor imagery with the affected hand. [44]

Type d'étude : Etude cas – témoin

Sujets :

- 10 enfants atteints de PCU (âge moyen 10 ans 7 mois) : 5 garçons et 5 filles / 4 gauchers / $QI > 70$
- 13 enfants avec un développement typique (âge moyen 10 ans 7 mois) : 7 garçons et 6 filles, tous droitiers

Intervention :

- Objectif de l'étude : déterminer si la capacité d'imagerie motrice implicite est (en partie) déterminée par la capacité motrice de la main impliquée. Comparer cette capacité d'imagerie motrice implicite entre les enfants atteints de PCU et les enfants avec un développement typique
- Utilisation d'une version adaptée de la tâche HLJ de Parsons pour étudier la capacité d'imagerie interne (ou implicite)
- Les enfants avaient pour objectif de déterminer la latéralité de la main qui apparaissait

Mesure des résultats :

- Enregistrement des ERP qui ont été obtenus en réponse à la tâche HJL de Parsons. La précision et la vitesse de réponse ont également été mesurées.

Comparaison intra-groupe et inter-groupe

Grade de recommandation HAS : C

Niveau de preuve scientifique HAS : 3/4

➤ Article 6 : Impaired motor imagery in right hemiparetic cerebral palsy. [45]

Type d'étude : Etude comparative non randomisée

Sujets : 19 adolescents atteints de paralysie cérébrale hémiparésitique spastique (11 hommes et 8 femmes).

Intervention :

- 3 groupes : 11 PCU droites, 8 PCU gauches et 9 droitiers sans symptôme (le groupe témoin a été constitué pour établir des mesures de base)
- Analyser la relation entre le côté de la lésion et la capacité d'IM

Mesure des résultats :

- Élément principal pour évaluer la capacité d'IM : temps de réaction (en fonction de l'angle de rotation)
- Pour éliminer le facteur chance dans les réponses et donc les réponses aléatoires, le nombre de réponses incorrectes est également pris en compte
- Echelle d'intelligence de Wechsler

Comparaison : intra-groupe et inter-groupe

Grade de recommandation HAS : B

Niveau de preuve scientifique HAS : 2/4

- Article 7 : Motor imagery in congenital hemiplegia: Impairments are not universal [46]

Type d'étude : Etude comparative non randomisée (et cas-témoin)

Sujets :

- 22 enfants atteints de PCU dont 12 hémiplésies gauches, âgés de 7 à 13 ans
- 10 enfants au développement typique, âgés de 8 à 12 ans

Intervention :

- Objectif : décrire les capacités des enfants atteints de PCU sur le HLT afin d'identifier les participants utilisant l'IM et ceux ne l'utilisant pas ou pas efficacement
- Etudier le lien entre les caractéristiques des participants et les déficits d'IM

Mesure des résultats :

- Estimation du QI : WASI, Box and blocks, Purdue Pegboard, Beads in a box
- HLT

Comparaison :

- Comparaison des enfants atteints de PCU obtenant un score significativement supérieur au hasard sur le HLT avec les enfants au développement typique
- Comparaison des enfants atteints de PCU ayant un score significativement supérieur au hasard sur le HLT avec ceux ayant un score inférieur

Grade de recommandation HAS : B

Niveau de preuve scientifique HAS : 2/4

- Article 8 : Randomized Trial of Observation and Execution of Upper Extremity Actions Versus Action Alone in Children With Unilateral Cerebral Palsy [47]

Type d'étude : Essai contrôlé randomisé

Sujets :

- 24 enfants atteints de PCU âgés de 5 à 15 ans
- Déficience légère à modérée au niveau de la main

Intervention :

- Objectif : évaluer les effets de l'observation de mouvements dans l'amélioration des activités de la vie quotidienne utilisant le membre supérieur
- Deux groupes :
 - Groupe d'intervention/expérimental (n = 12) : observation 1 heure par jour pendant 3 semaines de séquences vidéo d'actions ciblées puis exécution des actions observées
 - Groupe contrôle (n = 12) : mêmes actions effectuées dans le même ordre que le groupe d'intervention. La différence est l'observation de jeux vidéo

Mesure des résultats :

- Principal critère de jugement : Assisting Hand Assessment (AHA)
- Évaluation secondaire : évaluation de Melbourne et ABILHAND-Kids

Comparaison inter-groupe

Grade de recommandation HAS : A

Niveau de preuve scientifique HAS : 1/4

- Article 9 : Motor imagery of the unaffected hand in children with spastic hemiplegia [48]

Type d'étude : Etude comparative non randomisée (et cas-témoin)

Sujets :

- 40 enfants atteints d'hémiplégie spastique, âgés de 8 à 12 ans → 21 hémiplégies droites et 19 hémiplégies gauches
- 21 participants témoins au développement typique

Intervention :

- Objectif : évaluer la capacité d'imagerie motrice chez les enfants atteints de PCU
- Isoler la main non atteinte et inhiber les techniques d'imagerie visuelle
- 2 tâches : préhension simple et mouvements de tapotement répétitifs avec des compromis vitesse-précision

Mesure des résultats :

- Estimation du QI et de l'attention : échelle abrégée d'intelligence de Wechsler
- Evaluation des capacités motrices : McCarron Assessment of Neuromuscular Development et beads in the box
- Fonctionnement dans la vie quotidienne : Adaptive Behavior Composite (ABC) of the Parent/Caregiver Rating Form from the Vineland Adaptive Behavior Scales
- Tâche d'imagerie motrice : tâche de préhension et tâche de pointage guidée visuellement

Comparaison inter-groupe

Grade de recommandation HAS : B

Niveau de preuve scientifique HAS : 2/4

B. Evaluation de l'éligibilité des articles

Chacun des articles est maintenant évalué. En raison du nombre peu important d'articles précédemment sélectionnés, aucun article ne sera exclu par rapport aux évaluations selon la HAS (grille de lecture) ou par rapport à sa qualité méthodologique (grille d'évaluation). Ainsi, neuf articles sont inclus dans ma revue de la littérature (*figure 8*).

L'intégralité des articles est évaluée grâce à la grille de lecture d'un article thérapeutique de la HAS. Le troisième et le cinquième articles sont analysés selon la grille CAPS. Quant aux autres articles (1, 2, 4, 6, 7, 8, 9), l'évaluation est réalisée grâce à l'échelle PEDro.

1. Grilles de lecture

Comme indiqué précédemment, les articles sélectionnés sont tout d'abord analysés selon le «Guide d'analyse de la littérature et gradation des recommandations» de l'HAS [49]. Les résultats de cette analyse sont regroupés le tableau suivant.

Tableau 4 : Grille de lecture d'un article thérapeutique – HAS (*Annexe 3*) [49]

	1	2-1 a	2-1 b	2-1 c	2-2	2-3	2-4	2-5	2-6	3	4-1	4-2
Article 1	Oui	Oui	Non	Non	?	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Non
Article 2	Oui	Oui	Oui	Non	?	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Non
Article 3	Oui	Oui	Oui	Non	?	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Non
Article 4	Oui	Oui	Oui	Oui	?	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Non
Article 5	Oui	Oui	Oui	Non	?	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Non
Article 6	Oui	Oui	Oui	Oui	?	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Non
Article 7	Oui	Oui	Oui	Non	?	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Non
Article 8	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	?	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	Oui
Article 9	Oui	Oui	Oui	Non	?	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Non

2. Grille et échelle d'évaluation

Les articles sont ensuite évalués selon différentes grilles : grille CAPS pour les essais cas-témoin (articles 3 et 5) et échelle PEDro pour les essais, c'est-à-dire les articles 1, 2, 4, 6, 7, 8, 9 (*Annexe 4*).

Tableau 5 : Grille CAPS pour les essais cas-témoin

	Article 3	Article 5
1. L'étude repose-t-elle sur une question bien définie ?	OUI	OUI
2. Les auteurs ont-ils utilisé une méthode appropriée pour répondre à leur question ?	OUI	OUI
3. Les cas ont-ils été recrutés d'une manière acceptable ?	Ne sais pas	Ne sais pas
4. Les témoins ont-ils été recrutés d'une manière acceptable ?	Ne sais pas	Ne sais pas
5. L'exposition est-elle mesurée précisément, façon à réduire le biais	OUI	OUI
6.a) De quels facteurs confusionnels les auteurs ont-ils tenu compte ?	Ne sais pas	Ne sais pas
6.b) Les auteurs ont-ils tenu compte des facteurs confusionnels potentiels dans la méthodologie de l'étude et (ou) dans leur analyse ?	OUI	OUI
7. Quels sont les résultats de cette étude ?	DU*	DU*
8. Quelle est la précision des résultats ? Quelle est la précision de l'estimation du risque ?	OUI	OUI
9. Les résultats vous semblent-ils crédibles ?	OUI	OUI
10. Les résultats peuvent-ils s'appliquer à la population cible ?	OUI	OUI
11. Les résultats de cette étude correspondent-ils à ceux des études précédentes ?	OUI	NON

*DU : *Détaillés ultérieurement*

Tableau 6 : Echelle PEDro pour les articles 1, 2, 4 et 6

	Article 1	Article 2	Article 4	Article 6
1. Les critères d'éligibilité ont été précisés	OUI	OUI	OUI	OUI
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) comparative	NON	NON	OUI	NON
3. La répartition a respecté une assignation secrète	NON	NON	NON	NON
4. Les groupes étaient similaires au début de l'étude au regard des indicateurs pronostiques les plus importants	OUI	OUI	OUI	NON
5. Tous les sujets étaient "en aveugle"	NON	NON	NON	NON
6. Tous les thérapeutes ayant administré le traitement étaient "en aveugle"	NON	NON	NON	NON
7. Tous les examinateurs étaient "en aveugle" pour au moins un des critères de jugement essentiels	OUI	NON	NON	NON
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	OUI	NON	OUI	NON
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"	OUI	NON	OUI	NON
10. Les résultats des comparaisons statistiques intergroupes sont indiqués pour au moins un des critères de jugement essentiels	OUI	OUI	OUI	OUI
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	OUI	NON	OUI	OUI
SCORE (.../10)	6 sur 10	2 sur 10	6 sur 10	4 sur 10

Tableau 7 : Echelle PEDro pour les articles 7 à 9

	Article 7	Article 8	Article 9
1. Les critères d'éligibilité ont été précisés	OUI	OUI	OUI
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) comparative	NON	OUI	NON
3. La répartition a respecté une assignation secrète	NON	OUI	NON
4. Les groupes étaient similaires au début de l'étude au regard des indicateurs pronostiques les plus importants	OUI	OUI	OUI
5. Tous les sujets étaient "en aveugle"	NON	NON	NON
6. Tous les thérapeutes ayant administré le traitement étaient "en aveugle"	NON	NON	NON
7. Tous les examinateurs étaient "en aveugle" pour au moins un des critères de jugement essentiels	NON	OUI	NON
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	OUI	OUI	OUI
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"	OUI	OUI	OUI
10. Les résultats des comparaisons statistiques intergroupes sont indiqués pour au moins un des critères de jugement essentiels	OUI	OUI	OUI
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	OUI	OUI
SCORE (.../10)	4 sur 10	8 sur 10	5 sur 10

C. Synthèse des résultats des différents articles

1. Résultats par article

La **première étude** avait pour objectif principal d'évaluer l'efficacité de l'IM combinée à la pratique physique pour améliorer la fonction des membres supérieurs chez les enfants atteints de PCU. Les groupes inclus étaient similaires en termes d'âge, du côté atteint ou encore de mémoire du travail et de performances fonctionnelles des membres supérieurs. L'outil de mesure utilisé était le Assisting Hand Assessment (AHA). Il permet d'évaluer la performance du membre supérieur atteint, c'est-à-dire l'utilisation dans une situation de vie quotidienne et non la capacité de l'utiliser dans une situation de rééducation donnée [41].

Les résultats ont montré que le groupe d'intervention obtient des scores plus importants sur le AHA après la fin de l'intervention (différences significatives). Ainsi, cette étude suggère que l'utilisation de l'IM dans la rééducation motrice chez les enfants atteints de PCU augmente les performances du membre supérieur. Par ailleurs, aucune différence significative n'a été relevée dans les mesures prises au cours des huit semaines qui ont suivi l'arrêt de l'intervention. Cela signifie que les améliorations obtenues au cours de la prise en charge ont duré dans le temps. Ce maintien dans le temps est expliqué par les auteurs par le concept de neuroplasticité, avec l'amélioration du potentiel d'apprentissage grâce au schéma sensori-moteur mis en jeu [41].

L'IM permettrait d'activer certaines zones du cerveau mettant en jeu la planification et le contrôle du mouvement [41].

La récupération motrice a été meilleure en combinant l'IM à une activité physique plutôt que d'isoler une thérapie, même plus conventionnelle. L'hypothèse émise par les auteurs est que l'association de l'IM avec la pratique physique intensifierait la représentation interne de l'acte moteur (de par l'exécution de l'action, son feedback ainsi que sa représentation mentale) [41].

La **deuxième étude** incluse dans cette revue de la littérature avait pour objectif de comparer les zones d'activation du cerveau après une action d'IM. L'influence du côté imaginé a également été évaluée [42].

Les zones cérébrales activées diffèrent selon le côté imaginé. Les activations sont également différentes selon le côté de la lésion. En effet, de nombreuses zones cérébrales sont plus fortement activées chez les personnes réalisant une action d'IM avec une lésion droite [42].

Les résultats de l'étude suggèrent que l'IM permet l'activation de certaines zones du cerveau chez les enfants atteints de PCU. Par rapport aux objectifs de cette étude, il s'avère que le côté ciblé par l'IM semble avoir peu d'impact tandis que le côté de la lésion semble lui jouer un rôle important dans ces activations cérébrales. Ainsi, les enfants présentant une lésion de l'hémisphère gauche présentent moins d'activations après une tâche d'IM. Cela peut donc amener à conclure que les patients avec une atteinte cérébrale gauche ont davantage de difficultés à s'engager dans l'IM [42].

Le but de la **troisième étude** était de vérifier l'intégrité de l'IM dans la population sélectionnée pour l'utiliser comme moyen de rééducation. Les enfants inclus dans cette étude, notamment les enfants atteints de PCU, étaient homogène en ce qui concerne l'âge, la mémoire de travail ou encore les performances fonctionnelles [43].

Cette étude a utilisé la tâche HLJ pour tester la capacité des enfants atteints de PCU à s'engager dans l'IM. Plusieurs conclusions peuvent aboutir. Tout d'abord, peu importe le groupe (témoin ou non), le temps de réaction est significativement plus rapide lorsque l'action stimulée est la rotation médiale. Le fait que cela soit identique dans les deux groupes indique que les enfants atteints de PCU, comme les enfants au développement typique ont pu s'engager dans l'IM pour réaliser l'action HLJ. Par ailleurs, il s'avère que les différences concernant le temps de réaction n'étaient pas significatives, ce qui ne nous permet pas de conclure que la PCU diminuerait le temps de réaction dans l'IM. Toutefois, la précision de l'action est meilleure chez les enfants au développement typique que chez ceux atteints de PCU. Ainsi, cela amène à conclure que ces derniers peuvent s'engager dans l'IM mais leur capacité et leur précision peuvent être diminuées. Par ailleurs, aucune différence n'a été observée entre les PCU droite et gauche. Enfin, les capacités fonctionnelles et la mémoire de travail influence l'IM, contrairement à l'âge et à l'intelligence [43].

L'effet de l'IM associée à la pratique physique a été étudié dans la **quatrième étude**. Les résultats ne reflètent pas de relation significative entre le côté de l'hémiplégie et les variables analysées. Ainsi, ils suggèrent que l'IM, qu'elle soit seule ou combinée à une activité physique, provoque les mêmes effets sur les performances motrices des patients atteints de PCU, peu importe le côté de leur hémiplégie [35].

Cette étude avait également pour objectif d'évaluer l'effet de l'IM sur l'apprentissage moteur chez les enfants atteints de PCU. L'IM semble améliorer la vitesse et la précision des mouvements. Enfin, les résultats de suivi indiquent que les effets entraînés par l'IM ont persisté dans le temps et ont même permis d'améliorer les performances dues à la pratique physique. Le fait de ce maintien dans le temps caractérise l'impact de l'IM sur l'apprentissage moteur [35].

La **cinquième étude** traite de l'IM implicite, aussi appelé IM interne, et avait pour objectif de déterminer la capacité des enfants atteints de PCU à s'engager dans cette forme d'IM. Une version modifiée de la tâche de jugement de la latéralité de la main (HLJ) a été utilisée et plusieurs facteurs ont été analysés [44].

Ainsi, les résultats ont montré que les enfants atteints de PCU font davantage d'erreurs que ceux au développement typique. Par ailleurs, les erreurs ont été plus nombreuses lorsque l'action concernait la rotation latérale de la main la moins affectée. Cela signifie donc que les enfants atteints de PCU sont capables de s'engager dans une action d'IM implicite, tout comme les enfants au développement typique, mais avec une plus grande difficulté lorsque la main visée est celle touchée par l'hémiplégie. Bien que les deux groupes soient capables de réaliser une tâche d'IM implicite, il semble que les enfants atteints de PCU soient moins précis. Le temps de réaction a également été analysé et a révélé qu'aucune différence significative n'a été relevée entre les deux groupes. Enfin, lorsque la main atteinte est la cible de l'action d'IM, les résultats montrent une diminution de la capacité à s'engager dans ce processus et davantage une utilisation des stratégies visuelles [44].

Les résultats de la **sixième étude** ont montré un lien entre le temps de réaction et l'angle de rotation avec une augmentation linéaire pour le groupe témoin et le groupe des patients atteints de PCU gauche (plus l'angle de rotation augmente, plus le temps de réaction augmente ce qui est conforme aux attentes). En revanche, aucun lien n'a pu être établi pour le groupe des patients atteints de PCU droite. Cela permet donc de conclure que les enfants atteints de PCU droite ont des troubles de l'IM, c'est-à-dire que ces enfants semblent avoir plus de difficultés à s'engager dans l'IM et donc à simuler des actions. Le taux du QI ou encore les capacités verbales peut également expliquer les différences observées précédemment concernant le temps de réaction. Cependant, les trois groupes ont réalisé moins de 50% d'erreurs et aucune différence

significative entre les groupes n'a été relevée. De plus, aucun lien ne peut être fait entre les taux d'erreur et le QI des enfants ou encore leurs capacités verbales. Ainsi, les difficultés rencontrées par les enfants atteints de PCU droite semblent davantage liées à des troubles de l'IM qu'à des déficits intellectuels [45].

Par ailleurs, concernant le côté imaginé, il s'avère que chez les patients atteints de PCU gauche, le taux d'erreur est significativement plus élevé lorsque la main gauche est concernée. Il y a donc un lien entre le côté affecté par l'hémiplégie et la stimulation de l'action. Les résultats permettent ainsi de conclure que les enfants atteints de PCU gauche ont plus de difficultés à s'engager dans l'IM du côté touché. Ce lien de causalité n'a pas pu être établi chez les patients atteints de PCU droite [45].

Dans la **septième étude**, les premiers résultats ont montré un rapport non significatif entre le QI et le temps de réaction réalisé sur la tâche HLT (d'autant plus si seuls les enfants ayant un QI supérieur à 70 sont inclus dans l'étude) et un rapport légèrement plus important entre le QI et la précision du mouvement [46].

La comparaison entre les enfants atteints de PCU et les enfants au développement typique n'a pas permis de mettre en évidence des différences significatives. La plus grande majorité des enfants inclus dans l'étude se sont engagés dans l'IM pour réaliser la tâche demandée. Par ailleurs, lorsque les enfants s'engagent dans l'IM, les résultats indiquent que les réponses sont plus lentes pour un stimulus d'une paume de main et d'une rotation latérale. Il en est de même concernant la précision du mouvement. Enfin, aucun lien n'a été établi entre le côté de l'hémiplégie et la capacité à s'engager dans l'IM (temps de réaction, précision...) [46].

Ainsi, cette étude confirme que la majorité des enfants atteints de PCU ont pu s'engager dans l'IM d'une manière quasi identique (en termes de vitesse et de précision) aux enfants avec un développement typique. Cette étude, en s'intéressant aux patients atteints de PCU individuellement, a permis de montrer que les déficits d'IM ne sont pas généraux chez ces enfants et qu'une grande partie conserve cette capacité d'IM. Par ailleurs, cette étude n'a pas permis de conclure que le côté de l'atteinte est un lien avec les déficits d'IM rencontrés par ces enfants [46].

La **huitième étude** a permis la comparaison inter-groupe de l'AHA qui a montré des différences significatives, tout comme la comparaison intra-groupe du groupe expérimental. Cela n'a pas

été le cas pour le groupe témoin. Ainsi, cela montre que l'observation d'action permet une amélioration des performances. Par ailleurs, les prises de mesures aux différents instants de suivis permettent de conclure que les effets persistent dans le temps [47].

Le test de préhension de puissance utilisé dans la **neuvième et dernière** étude incluse dans la revue a permis de mettre en évidence que les enfants atteints de PCU sont capables de s'engager dans des tâches d'IM. En effet, aucune différence significative n'a été relevée entre les différents groupes [48].

Cependant, lorsque des actions plus complexes entrent en jeu (avec des compromis vitesse/précision), des différences entre les groupes peuvent être remarquées. Ainsi, les mouvements réels et imaginés sont conformes à ce qui est attendu dans le groupe témoin ainsi que chez les enfants atteints de PCU droite. En revanche, ce n'est pas le cas pour les mouvements imaginés par les enfants atteints de PCU gauche. Ainsi, cette étude suggère qu'un déficit d'IM de mouvements complexes est retrouvé chez les patients atteints de PCU gauche mais pas chez ceux atteints de PCU droite [48].

Par ailleurs, les résultats mettent en évidence l'importance des capacités fonctionnelles des enfants pour s'engager dans l'IM simple, mais apporte peu d'importance au côté de l'hémiplégie [48].

Les résultats sont regroupés dans un tableau (*Annexe 5*).

2. Mise en lien des différents articles

Les enfants atteints de PCU présentent des troubles de la fonction motrice. Les différents articles sélectionnés ici traitent de l'IM comme technique de rééducation pour ces enfants.

Le premier élément à prendre en compte est la **capacité des enfants atteints de PCU à s'engager dans l'IM**, ce qui est démontré au travers de différents résultats [43] [44] [46] [48]. Cependant, les auteurs ne s'accordent pas sur l'impact du côté de la lésion, c'est-à-dire du **lien entre la PCU droite ou gauche et la réussite des tâches d'IM**. Ainsi, trois études n'ont pas permis de révéler de différence significative en fonction du côté de la PCU, ce qui n'a pas

permis de conclure que le côté de l'atteinte ait un lien avec les déficits d'IM rencontrés par ces enfants [43] [35] [46]. Au contraire, les résultats de l'étude menée par *Chinier E et al.* démontrent que les patients atteints de PCU droite (lésion cérébrale gauche) ont plus de difficultés à s'engager dans l'IM [42]. Cette conclusion corrobore celle établie dans l'étude de Mutsaerts M et al. [45].

Enfin, l'étude publiée par Williams J et al. va à l'encontre des conclusions précédemment décrites mais seulement pour un certain type d'IM. En effet, celle-ci suggère qu'un déficit d'IM de mouvements complexes est retrouvé chez les patients atteints de PCU gauche [48].

Les différents articles s'intéressent également aux éléments qui peuvent influencer la réussite d'une tâche d'IM.

Le côté ciblé par la tâche d'IM peut avoir un impact sur le succès ou non de l'action. Mais la deuxième étude amène à la conclusion que le côté ciblé a peu d'impact [42]. Au contraire, lorsque la main atteinte est la cible de l'action d'IM, les résultats montrent une diminution de la capacité à s'engager dans ce processus et davantage une utilisation des stratégies visuelles [44]. Cela est confirmé par les résultats de l'étude menée par Mutsaerts M et al. même si ces derniers sont plus modérés. En effet, le côté de la PCU est précisé. Les enfants atteints de PCU gauche ont plus de difficultés à s'engager dans l'IM du côté touché. Ce lien de causalité n'a pas pu être établi chez les patients atteints de PCU droite [45].

Enfin, la PCU pourrait elle-même entraîner des effets qui se répercutent lors de la réalisation de l'IM. Ainsi, il est possible de dire que la PCU n'a pas d'impact sur le temps de réaction mais entraîne une diminution des capacités fonctionnelles et de la précision du mouvement pendant l'IM [43] [44]. De plus, cette capacité fonctionnelle influence négativement les résultats obtenus après une tâche d'IM, tout comme un déficit de mémoire de travail [43] [48].

Enfin, les résultats sont meilleurs en **combinant la technique d'IM avec une activité physique** [41].

Concernant **l'impact de l'IM sur la rééducation** des enfants atteints de PCU, les résultats montrent que cette technique permet une meilleure amélioration des performances motrices par rapport aux autres techniques conventionnelles [41] [47]. Par ailleurs, les résultats obtenus après un temps défini de prise en charge durent dans le temps [41] [35]. L'IM peut même parfois

augmenter les performances obtenues après une pratique physique, à distance des actions d'IM réalisées par les enfants [35]. Enfin, L'IM améliore la vitesse et la précision des mouvements [35].

VI. Discussion

A. Validité interne

Le premier biais analysé est le **biais de sélection**. Pour les études 1, 2, 6 et 9, ce biais est **modéré voire important** car les critères d'inclusion et d'exclusion sont précisés mais la répartition n'est pas faite au hasard. Ce biais est **modéré** pour l'article 4. Les critères d'inclusion et d'exclusion sont précisés et la répartition est faite au hasard mais la modalité de randomisation n'est pas précisée. Enfin, pour l'article 8, ce biais est **négligeable**. Les critères d'inclusion et d'exclusion sont précisés, la répartition est faite au hasard et la modalité de randomisation est précisée.

Le deuxième biais étudié est le **biais de suivi**. Pour l'ensemble des études, ils existent certains écarts au protocole (arrêts de l'étude par exemple) mais qui ne sont pas déterminants. Aucune des études n'est réalisée en double aveugle. Le biais est donc **modéré**.

Le **biais de mesure** est **important** pour l'intégralité des études incluses dans la revue de la littérature car elles ne sont réalisées ni en double aveugle ni en simple aveugle.

Le **biais d'attrition** est **négligeable** pour les articles 1, 4, 7, 8 et 9. En effet, il n'est pas précisé que les données sont analysées «en intention de traiter» mais les mesures, pour au moins un des critères de jugement essentiels, sont obtenues pour plus de 85% des sujets initialement répartis dans les groupes. En revanche, pour les articles 2 et 6, ce biais est **important** puisqu'il n'est ni précisé que les données sont analysées «en intention de traiter» ni que les mesures, pour au moins un des critères de jugement essentiels, sont obtenues pour plus de 85% des sujets initialement répartis dans les groupes.

Les auteurs ne reportent pas de conflit d'intérêt dans les études 1, 2, 3, 5 et 8. Le **biais de « reporting »** est donc **négligeable**. Alors que, pour les articles 4, 6, 7 et 9, ce biais **ne semble pas vérifiable** puisqu'aucune précision n'est apportée sur les conflits d'intérêt.

Enfin, le **biais de confusion** est le dernier biais étudié. Il est **modéré** pour les études 1, 3, 5, 6, 7 et 9 car dans chaque étude un (ou deux) groupe(s) d'intervention est (sont) comparé(s) à un

groupe témoin, ou entre eux. Cependant, aucune des études n'est randomisée. Concernant les articles 4 et 8, ce biais est **négligeable** car dans chaque étude un groupe est comparé à un autre. Par ailleurs, les deux études sont randomisées. Enfin, dans la deuxième étude, un groupe est comparé à un autre groupe. Cependant, il n'est ni question de groupe d'intervention ni de groupe contrôle. Par ailleurs, elle n'est pas randomisée. Ce biais est **modéré voire important**.

Dans les articles 1, 3, 5 et 6, les résultats intergroupes et intragroupes sont comparés statistiquement. Ce n'est pas le cas pour les articles 4, 8 et 9 puisqu'il n'y a pas de résultat intragroupe. Les moyennes sont formalisées avec leur intervalle de confiance et sont présentées sous forme de tableau ou graphique. Enfin, les groupes contrôles sont similaires. La **réalité statistique** est **vérifiée**. Dans la septième étude, les résultats sont formalisés avec leur intervalle de confiance et sont présentés sous forme de tableau ou graphique. La réalité statistique est **vérifiée**. Les résultats des études ne sont pas exprimés en pourcentage. La réalité statistique **paraît absente** dans le deuxième article.

B. Analyse des résultats : mise en relation des données avec la littérature

Il est possible de mettre en relation les résultats trouvés dans cette revue avec d'autres articles présents dans la littérature et complétant, ou non, la question de départ.

L'utilisation de l'IM dans la rééducation des enfants atteints de PCU est une question à laquelle certains auteurs s'intéressent depuis plusieurs années. C'est le cas dans la revue descriptive de Steenbergen et al. publiée en 2009 qui traitait déjà de ce sujet. Il apparaît évident que les troubles moteurs des enfants atteints de PCU sont en partie causés par des déficits de la planification motrice. Les auteurs concluent déjà que l'IM peut être une technique additionnelle dans la rééducation de ces enfants. Toutefois, cette technique n'avait pas encore été testée chez ces enfants mais seulement chez les patients victimes d'AVC ou encore chez les enfants souffrants de troubles de coordination. Or, les résultats chez ces patients étaient prometteurs. C'est pourquoi les auteurs concluent leur écrit par un souhait de réaliser des études chez les patients atteints de PCU pour notamment définir l'âge de début ou encore la façon de réaliser la technique d'IM afin de l'intégrer dans la rééducation [50].

L'un des auteurs à l'origine de la publication précédente de 2009 s'est de nouveau intéressé à l'IM chez les enfants atteints de PCU dans une nouvelle revue descriptive en 2013. Cette revue permet de faire le point sur les nouvelles recherches qui confirment les troubles de planification motrice que peuvent présenter les enfants atteints de PCU et qui peuvent être à l'origine des déficits moteurs. Les études concernant l'IM chez les enfants atteints de PCU commencent alors et suggèrent un défaut d'IM. Toutefois, les auteurs concluent là aussi que l'utilisation de l'IM comme technique de rééducation permet d'augmenter les performances motrices en jouant sur la planification motrice, notamment chez les patients victimes d'AVC. Ils affirment donc l'importance de cette technique comme moyen de rééducation futur mais soulèvent des questions auxquelles il faut répondre par de nouvelles études (âge, attention, mémoire de travail, manière de la pratiquer) [32].

Ce sujet est également étudié en France, notamment dans deux revues descriptives publiées en 2010. La première revue reprend les éléments importants concernant la PC et la PCU et se termine par une présentation de la technique de l'effet miroir qui, lors de la publication, est à l'étude chez les enfants atteints de PCU [51]. La seconde revue s'intéresse plus spécifiquement à la prise en charge de la PCU chez l'enfant. Ainsi, les techniques conventionnelles y sont présentées tout comme les nouvelles techniques à l'étude dont l'IM. Là encore, les auteurs concluent sur son aspect prometteur dans la rééducation des enfants atteints de PCU (en agissant sur la planification motrice et même en cas de troubles moteurs majeurs), prometteur puisqu'aucune étude n'a, à l'époque, été réalisée [2].

La revue de la littérature réalisée, et plus particulièrement la question de recherche et les différentes hypothèses, est donc en adéquation avec l'ensemble des publications précédemment citées. En effet, il s'avère que l'objectif de cette revue est de répondre aux mêmes interrogations que celles posées par les auteurs dans les conclusions de leurs différents écrits.

Certaines études n'ont pas pu être incluses dans cette revue puisque les participants sont des enfants atteints de PC, et pas spécifiquement de PCU. Notamment, l'étude publiée en 2013 par S. Spruijt et al. qui étudie l'IM chez vingt enfants atteints de PC en utilisant la chronométrie mentale dans la marche. Les résultats montrent que les enfants atteints de PC sont capables d'utiliser l'IM pour effectuer l'action demandée, ici la marche. Cela corrobore donc avec les

résultats obtenus dans cette revue. Par ailleurs, l'étude apporte un complément à cette revue en abordant la marche puisque la majorité des études incluses traitent du membre supérieur. Les auteurs affirment que la marche est une fonction globale qui peut être utilisée pour évaluer les capacités d'IM chez ces enfants avant d'utiliser cette technique comme moyen de rééducation. Enfin, les auteurs discutent de la thérapie par observation d'action, technique retrouvée dans l'un des articles inclus dans la présente revue. Mais, selon S. Spruijt et al. cette technique n'est pas spécifiquement de l'IM car ce n'est pas que de l'imagination d'action puisqu'elle associe également une observation d'action. Toutefois, ils estiment que cette forme de thérapie est plus facile à réaliser pour les enfants [52].

Concernant l'impact de l'âge des enfants sur l'IM, K. Caeyenberghs et al. publient en 2009 une étude sur ce sujet. Les résultats montrent un lien entre la maturation du SNC et la modélisation interne, c'est-à-dire l'imagerie motrice. Néanmoins, cette étude n'est pas réalisée chez des enfants atteints de PCU, ce qui limite l'utilisation de ces données dans cette revue de la littérature [53].

La revue effectuée ici ne s'intéresse qu'aux enfants atteints de PCU. Or, il existe de nombreuses formes cliniques de PC. Il est donc également intéressant d'étudier l'impact de la technique d'IM dans d'autres formes de PC. C'est le travail réalisé par M. Molina et al. dans l'étude publiée en 2014. En effet, cette dernière a pour objectif de comparer l'IM chez les enfants atteints de la forme diplégique de la PC par rapport aux enfants atteints de PCU. Les auteurs concluent que les résultats concernant la capacité d'IM chez les enfants atteints de PCU peuvent être extrapolés aux enfants atteints de la forme diplégique de la PC. Il y a également là des perspectives pour le futur [54].

Comme cela a déjà été évoqué précédemment dans cet écrit, l'intérêt de l'IM dans la rééducation des patients victimes d'AVC a été étudié. Ainsi, comme l'indique les recommandations de bonne pratique publiée en 2012 par la HAS, l'IM est recommandée mais seulement à la phase chronique d'un AVC et si elle est en complément d'autres techniques de rééducation motrice. Les connaissances ne permettent pas encore de conclure quant à la phase aiguë et subaiguë [55]. Cela rejoint une étude publiée en 2020 concernant la pratique mentale dans la rééducation motrice du membre supérieur et qui obtient des preuves modérées

lorsqu'elle est utilisée en plus des techniques conventionnelles. Toutefois, les preuves ne sont pas aussi bonnes sur l'efficacité par rapport à l'amélioration directe des tâches de la vie quotidienne chez les patients victimes d'AVC (quelle que soit la phase) [56].

C. Validation des hypothèses

Les résultats, les niveaux de preuve hétérogènes et la présence de biais ne permettent pas d'avoir de résultats significatifs et représentatifs de la population. La validation ou non des hypothèses s'effectue donc seulement en fonction des études sélectionnées dans la revue de la littérature. Par ailleurs, elles ne sont pas établies de sorte à s'affirmer ou s'infirmier entre-elles mais sont indépendantes dans le but d'établir différentes modalités à la mise en place de l'IM comme technique de rééducation neuro-motrice des enfants atteints de PCU.

Hypothèse 1 : L'âge des enfants atteints de PCU joue un rôle dans la mise en place de l'imagerie motrice comme moyen rééducatif dans la prise en charge neuromotrice.

Aucune des études sélectionnées n'avait pour objectif d'étudier l'impact de l'âge des enfants atteints de PCU. L'hypothèse H1 ne peut donc être ni rejetée ni validée. En revanche, il est possible de noter que l'âge des enfants inclus s'étend de 6 ans à 20 ans.

Hypothèse 2 : La localisation de la lésion intervient dans la mise en place de l'imagerie motrice comme moyen rééducatif dans la prise en charge neuromotrice.

Les auteurs ne s'accordent pas sur l'impact du côté de la lésion, c'est-à-dire du lien entre la PCU droite ou gauche et la réussite des tâches d'IM. Ainsi, trois études ne permettent pas de révéler des différences significatives en fonction du côté de la PCU tandis que deux autres études démontrent que les patients atteints de PCU droite (lésion cérébrale gauche) ont plus de difficultés à s'engager dans l'IM [35] [42] [43] [45] [46]. Enfin, l'étude publiée par Williams J et al. suggère qu'un déficit d'IM de mouvements complexes est retrouvé chez les patients atteints de PCU gauche [48]. L'hypothèse H2 ne peut donc être ni rejetée ni validée.

Hypothèse 3 : La PCU engendre des conséquences à prendre en compte dans les modalités à la mise en place de l'IM comme moyen rééducatif dans la prise en charge neuromotrice.

La PCU entraîne des effets qui se répercutent lors de la réalisation de l'IM. Ainsi, une diminution des capacités fonctionnelles est, entre autres, observée chez les enfants atteints de PCU et cette diminution influence négativement les résultats obtenus après une tâche d'IM, tout comme un déficit de mémoire de travail [43] [44] [48].

Une autre des conséquences de la PCU est l'atteinte d'un (ou de deux) membre(s) du corps, de façon homolatérale. Face à une demande d'IM, les enfants n'ont pas les mêmes capacités en fonction du côté ciblé (celui touché ou non). C'est ce qui est retrouvé dans deux des études sectionnées. En effet, lorsque la main atteinte est la cible de l'action d'IM, les résultats montrent une diminution de la capacité à s'engager dans ce processus et davantage une utilisation des stratégies visuelles [44]. Pour Mutsaerts M et al., cela est d'autant plus confirmé chez les patients atteints de PCU gauche [45]. En revanche, l'étude menée par Chinier E et al. ne permet pas de mettre en avant l'impact du côté ciblé [42].

L'hypothèse H3 est partiellement validée.

Hypothèse 4 : L'association de l'imagerie motrice à une autre technique est une des modalités à la mise en place de l'imagerie motrice comme moyen rééducatif dans la prise en charge neuromotrice.

Les résultats sont meilleurs en combinant la technique d'IM avec une activité physique [41].

L'hypothèse H4 est validée.

D. Limites de l'étude, avantages et axes d'amélioration

Mis à part les biais liés aux études incluses dans la revue de la littérature, cette dernière présente elle-même des **limites**. La première identifiée concerne l'évaluateur. En effet, dans cette revue, la recherche, l'identification des critères, l'extraction des données, l'analyse des résultats et la qualité méthodologique ont été effectuées par une seule et même personne. Or, il aurait fallu que cette revue soit réalisée par au minimum deux personnes.

La recherche des articles a été réalisée sur trois bases de données et seulement les études disponibles en français ou en anglais ont été sélectionnées. Le nombre d'équations de recherche est également limité, tout comme leur complexité. Ainsi, il est probable que plusieurs études n'aient pas pu être incluses.

Par ailleurs, il peut être difficile de comparer les différents résultats obtenus dans les articles sélectionnés de par l'hétérogénéité des études et leur qualité méthodologique. En effet, les études évaluées à l'aide de l'échelle PEDro obtiennent des scores compris entre 2 et 8 sur 10. Ainsi, la revue comprend trois études de basse qualité (études 2, 6 et 7), une étude de qualité modérée (étude 9), deux études de bonne qualité (études 1 et 4) et une étude de qualité élevée (étude 8). Les deux autres études non évaluées par l'échelle PEDro sont des études cas-témoins et ont donc un faible niveau de preuve. De plus, les études ont été réalisées sur une large période temporelle puisque l'étude la plus ancienne a été publiée en 2007 tandis que la plus récente date de 2021. Les façons de faire ainsi que les connaissances scientifiques ont évolué.

Un autre élément qui représente une réelle limite dans la réalisation de cette revue est la taille des échantillons des différentes études. En effet, pour huit des neuf études, les tailles de population sélectionnées varient de 20 à 61 enfants. Seule la troisième étude possède un plus grand nombre de sujets inclus (214). Cela ne permet pas d'être extrapolable dans la population. D'autre part, une limite dans les compétences de réalisation d'une revue de la littérature est à prendre en compte. En effet, certaines difficultés ont pu être relevées au cours de la réalisation de ce travail (définition du type d'articles, évaluation des articles et des biais...). Cela peut limiter la qualité de l'écrit final.

Malgré les différents biais, qu'ils soient propres aux études sélectionnées ou propres à la revue elle-même, cette revue de la littérature présente tout de même plusieurs **avantages**. Le premier est la réalisation d'un état des lieux des données disponibles actuellement dans la littérature concernant la technique d'IM dans la rééducation neuro-motrice des enfants atteints de PCU. Le deuxième avantage qu'il est possible de relever (qui est également une limite) est qu'aucune date limite de publication des études n'a été établie. Ainsi, les études incluses ont été publiées entre 2007 et 2021, ce qui couvre une large période.

Au vu des différents résultats relevés dans les études, il est possible de noter la présence de plusieurs disparités. Les auteurs n'aboutissent pas aux mêmes conclusions ce qui laisse encore de nombreuses questions sans réelle réponse. Toutefois, tous s'accordent sur le potentiel intérêt de cette nouvelle technique de rééducation pour la pratique future. Il semble donc intéressant de continuer de réaliser des études, notamment sur ce type de population (il en existe déjà pour les patients victimes d'AVC par exemple).

Il est à noter que les objectifs majeurs des différents articles se différencient en trois principaux groupes :

- Influence sur et de l'activité cérébrale,
- Conséquences de la PCU et capacité d'IM,
- Association avec une pratique physique.

Des études ultérieures pourraient ainsi être réalisées afin d'approfondir l'un de ces points ou en développer des nouveaux.

Il serait également intéressant de réaliser un questionnaire ou des entretiens afin de connaître l'utilisation réelle de cette technique dans les pratiques actuelles de rééducation.

VII. Conclusion

En tant qu'étudiante, la réalisation de ce mémoire m'a permis d'approfondir mes connaissances sur la paralysie cérébrale et l'imagerie motrice. Ainsi, j'ai pu m'approprier les nouvelles recommandations de bonne pratique publiée en décembre 2021 par la HAS sur la rééducation et la réadaptation de la fonction motrice de l'appareil locomoteur des personnes diagnostiquées de paralysie cérébrale. J'ai également pu découvrir et comprendre la technique de rééducation qu'est l'imagerie motrice. En effet, cette technique est complexe et peut se pratiquer de différentes manières.

En tant que future professionnelle, l'apport principal de ce travail est l'amélioration de mes connaissances sur ces deux sujets. Les signes cliniques de la paralysie cérébrale sont variés et différents moyens sont utilisés pour la prendre en charge. Cela va donc me permettre d'adapter au mieux la PEC des enfants atteints de paralysie cérébrale avec différents outils. L'imagerie motrice peut être un de ces outils. Toutefois, les manques d'études et de preuves ne permettent pas de réellement mettre en place la technique d'imagerie motrice.

Un état des lieux de la littérature a été effectué dans ce mémoire. Les auteurs voient dans l'utilisation de l'imagerie motrice un moyen de rééducation chez les enfants atteints de paralysie cérébrale un réel intérêt. Des preuves de son efficacité ont par ailleurs été établies chez les adultes victimes d'AVC. Toutefois, les modalités pour la mise en place chez les enfants atteints de paralysie cérébrale, notamment unilatérale, n'ont pas encore pu être mises en évidence. Il y a donc ici une réelle piste d'étude.

Bibliographie

1. Gourbail L. Rééducation et réadaptation de la fonction motrice des personnes porteuses de paralysie cérébrale. :6.
2. Bonhomme C, Chabrier S, Gautheron V, Ikowsky T, Burlot S, Metté F. Actualités et perspectives dans la prise en charge de l'hémiplégie cérébrale infantile en médecine physique et de réadaptation. *Mot Cérébrale Réadapt Neurol Dév.* 2010 déc;31(4):164-71.
3. LAROUSSE (page consultée le 09/09/2021). Pédiatrie, [en ligne]. <https://www.larousse.fr/encyclopedie/medical/>
4. Forestier M. De la naissance aux premiers pas: [laissons les bébés bouger. 2018.
5. Le Métayer M. Rééducation cérébro-motrice du jeune enfant: éducation thérapeutique. Paris: Masson; 1999.
6. Guilbert J, Jouen F, Lehalle H, Molina M. Imagerie motrice interne et simulation de l'action chez l'enfant. *L'Année Psychol.* 2013;Vol. 113(3):459-88.
7. Handi Connect (page consultée le 09/09/2021). Paralysie Cérébrale (PC) : définition, prévalence et étiologie - Fiches Conseils - Professionnel de santé et le handicap [en ligne]. <https://handiconnect.fr/fiches-conseils/paralysie-cerebrale-pc-definition-prevalence-et-etologie>
8. Patel DR, Neelakantan M, Pandher K, Merrick J. Cerebral palsy in children: a clinical overview. *Transl Pediatr.* 2020 févr;9(S1):S125-S12S135.
9. Heran F, Gastal A. le point sur... - Présentation du handicap, déficit et incapacité : exemple de la paralysie cérébrale (PC). *J Radiol.* 2010;91:1352-9.
10. Cans C. Épidémiologie de la Paralysie Cérébrale (« Cerebral Palsy » ou CP). *Mot Cérébrale.* 2005;26(2):51-8.
11. Eliasson AC, Krumlinde-Sundholm L, Rösblad B, Beckung E, Arner M, Ohrvall AM, et al. The Manual Ability Classification System (MACS) for children with cerebral palsy: scale development and evidence of validity and reliability. *Dev Med Child Neurol.* 2006 juill;48(7):549-54.
12. Palisano R, Rosenbaum P, Bartlett D, Livingston M. Le Système de Classification de la Fonction Motrice Globale Étendu, Revu et Corrigé. :6.
13. Palisano R, Rosenbaum P, Walter S, Russell D, Wood E, Galuppi B. Development and reliability of a system to classify gross motor function in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol.* 1997 avr;39(4):214-23.
14. Eliasson AC, Krumlinde-Sundholm L, Rösblad B, Beckung E, Arner M, Öhrvall AM, et al (page consultée le 02/04/2022). American Psychological Association - Manual Ability

- Classification System; 2018 [en ligne]. <http://doi.apa.org/getdoi.cfm?doi=10.1037/t68655-000>
15. Novak I, Morgan C, Fahey M, Finch-Edmondson M, Galea C, Hines A, et al. State of the Evidence Traffic Lights 2019: Systematic Review of Interventions for Preventing and Treating Children with Cerebral Palsy. *Curr Neurol Neurosci Rep*. 2020 févr 21;20(2):3.
 16. HAS. Rééducation et réadaptation de la fonction motrice de l'appareil locomoteur des personnes diagnostiquées de paralysie cérébrale - Argumentaire [Internet]. Recommander les bonnes pratiques. 2021. Disponible sur: https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2021-12/_reco355_argumentaire_paralysie_cerebrale_cd_2021_10_21_post-endossement_lg.pdf
 17. HAS. Rééducation et réadaptation de la fonction motrice de l'appareil locomoteur des personnes diagnostiquées de paralysie cérébrale - Aspects techniques - Synthèse [Internet]. Recommander les bonnes pratiques. 2021. Disponible sur: https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2021-12/reco355_synthese_paralysie_cerebrale_cd_2021_10_21.pdf
 18. Cerebral palsy in under 25s: assessment and management. :48.
 19. Castelli E, Fazzi E, SIMFER-SINPIA Intersociety Commission. Recommendations for the rehabilitation of children with cerebral palsy. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2016 oct;52(5):691-703.
 20. Taczała J, Wolińska O, Becher J, Majcher P. An Interdisciplinary Model of Treatment of Children with Cerebral Palsy in Poland. Recommendations of the Paediatric Rehabilitation Section of the Polish Rehabilitation Society. *Ortop Traumatol Rehabil*. 2020 févr 29;22(1):51-9.
 21. Amiel-Tison C, Gosselin J. Système nerveux central. In: *Pathologie neurologique périnatale et ses conséquences* [en ligne]. Elsevier; 2010, p. 5-13 [consultée le 16/10/2021]. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9782294708954000013>
 22. Vens-Wagner G, Guen ML. Bases biologiques du traitement cognitif de l'information. Pour repenser l'éducation. :45.
 23. Institut du cerveau (page consultée le 12/04/2022). Cerveau : comprendre le fonctionnement du cerveau humain [en ligne]. <https://institutducerveau-icm.org/fr/actualite/comprendre-le-cerveau-et-son-fonctionnement/>
 24. Vidal C. La plasticité cérébrale : une révolution en neurobiologie. *Spirale*. 2012;n° 63(3):17-22.
 25. Corballis MC. Evolution of cerebral asymmetry. In: *Progress in Brain Research* [en ligne]. Elsevier; 2019, p. 153-78 [consultée le 12/04/2022]. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0079612319301177>

26. Ismail FY, Fatemi A, Johnston MV. Cerebral plasticity: Windows of opportunity in the developing brain. *Eur J Paediatr Neurol EJPN Off J Eur Paediatr Neurol Soc.* 2017 janv;21(1):23-48.
27. Npochinto Moumeni I. Plasticité cérébrale : régénération ? réparation ? réorganisation ? ou compensation ? Que savons-nous aujourd'hui ? *NPG Neurol - Psychiatr - Gériatrie.* 2021 août;21(124):213-26.
28. Schiffmann SN. Le cerveau en constante reconstruction : le concept de plasticité cérébrale. *Cah Psychol Clin.* 2001;16(1):11.
29. Bouisset S, Do MC. Posture, dynamic stability, and voluntary movement. *Neurophysiol Clin Clin Neurophysiol.* 2008 déc;38(6):345-62.
30. Rulleau T, Toussaint L. L'imagerie motrice en rééducation. *Kinesither Rev.* 2014;14(148):51-4.
31. Dickstein R, Deutsch JE. Motor imagery in physical therapist practice. *Phys Ther.* 2007 juill;87(7):942-53.
32. Steenbergen B, Jongbloed-Pereboom M, Spruijt S, Gordon AM. Impaired motor planning and motor imagery in children with unilateral spastic cerebral palsy: challenges for the future of pediatric rehabilitation. *Dev Med Child Neurol.* 2013 nov;55 Suppl 4:43-6.
33. Errante A, Bozzetti F, Sghedoni S, Bressi B, Costi S, Crisi G, et al. Explicit Motor Imagery for Grasping Actions in Children With Spastic Unilateral Cerebral Palsy. *Front Neurol.* 2019 août 7;10:837.
34. Braun S, Kleynen M, Schols J, Schack T, Beurskens A, Wade D. Using mental practice in stroke rehabilitation: a framework. *Clin Rehabil.* 2008 juill;22(7):579-91.
35. Cabral-Sequeira AS, Coelho DB, Teixeira LA. Motor imagery training promotes motor learning in adolescents with cerebral palsy: comparison between left and right hemiparesis. *Exp Brain Res.* 2016 juin;234(6):1515-24.
36. Gedda M. Traduction française des lignes directrices PRISMA pour l'écriture et la lecture des revues systématiques et des méta-analyses. *Kinésithérapie Rev.* 2015 janv;15(157):39-44.
37. Mateo S. Procédure pour conduire avec succès une revue de littérature selon la méthode PRISMA. *Kinésithérapie Rev.* 2020 oct;20(226):29-37.
38. Regnaud JP, Remondière R. Protocole d'une revue systématique de la littérature des recommandations de bonnes pratiques de kinési-physiothérapie applicables en France. *Kinésithérapie Rev.* 2018 oct;18(202):9-15.
39. Inserm (page consultée le 14/11/2021). Le MeSH bilingue anglais - français [en ligne]. <http://mesh.inserm.fr/FrenchMesh/>

40. HAS. Etat des lieux - Niveau de preuve et gradation des recommandations de bonne pratique [Internet]. 2013. Disponible sur: <https://www.has-sante.fr/>
41. Souto DO, Cruz TKF, Coutinho K, Julio-Costa A, Fontes PLB, Haase VG. Effect of motor imagery combined with physical practice on upper limb rehabilitation in children with hemiplegic cerebral palsy. *NeuroRehabilitation*. 2020 févr 26;46(1):53-63.
42. Chinier E, N'Guyen S, Lignon G, Ter Minassian A, Richard I, Dinomais M. Effect of Motor Imagery in Children with Unilateral Cerebral Palsy: fMRI Study. Sterr A, éditeur. *PLoS ONE*. 2014 avr 9;9(4):e93378.
43. Souto DO, Cruz TKF, Fontes PLB, Haase VG. Motor imagery in children with unilateral cerebral palsy: a case-control study. *Dev Med Child Neurol*. 2020 déc;62(12):1396-405.
44. Jongsma MLA, Baas CM, Sangen AFM, Aarts PBM, van der Lubbe RHJ, Meulenbroek RGJ, et al. Children with unilateral cerebral palsy show diminished implicit motor imagery with the affected hand. *Dev Med Child Neurol*. 2016 mars;58(3):277-84.
45. Mutsaerts M, Steenbergen B, Bekkering H. Impaired motor imagery in right hemiparetic cerebral palsy. *Neuropsychologia*. 2007 janv;45(4):853-9.
46. Williams J, Fuelscher I, Hyde C. Motor imagery in congenital hemiplegia: Impairments are not universal. *Res Dev Disabil*. 2021 juill;114:103991.
47. Sgandurra G, Ferrari A, Cossu G, Guzzetta A, Fogassi L, Cioni G. Randomized Trial of Observation and Execution of Upper Extremity Actions Versus Action Alone in Children With Unilateral Cerebral Palsy. *Neurorehabil Neural Repair*. 2013 nov;27(9):808-15.
48. Williams J, Anderson V, Reid SM, Reddihough DS. Motor Imagery of the Unaffected Hand in Children With Spastic Hemiplegia. *Dev Neuropsychol*. 2012 janv;37(1):84-97.
49. Agence Nationale d'Accréditation et d'Evaluation en Santé (ANAES) (page consultée le 14/11/2021). Guide d'analyse de la littérature et gradation des recommandations [en ligne]. <http://link.springer.com/10.1007/BF03019434>
50. Steenbergen B, Crajé C, Nilsen DM, Gordon AM. Motor imagery training in hemiplegic cerebral palsy: a potentially useful therapeutic tool for rehabilitation. *Dev Med Child Neurol*. 2009 sept;51(9):690-6.
51. Chabrier S, Roubertie A, Allard D, Bonhomme C, Gautheron V. Hémiplégie cérébrale infantile : épidémiologie, aspects étiologiques et développements thérapeutiques récents. *Rev Neurol (Paris)*. 2010 juin;166(6-7):565-73.
52. Spruijt S, Jouen F, Molina M, Kudlinski C, Guilbert J, Steenbergen B. Assessment of motor imagery in cerebral palsy via mental chronometry: The case of walking. *Res Dev Disabil*. 2013 nov;34(11):4154-60.
53. Caeyenberghs K, Wilson PH, van Roon D, Swinnen SP, Smits-Engelsman BCM. Increasing convergence between imagined and executed movement across development: evidence for the emergence of movement representations. *Dev Sci*. 2009 mai;12(3):474-83.

54. Molina M, Kudlinski C, Guilbert J, Spruijt S, Steenbergen B, Jouen F. Motor imagery for walking: A comparison between cerebral palsy adolescents with hemiplegia and diplegia. *Res Dev Disabil.* 2015 févr;37:95-101.
55. Haute Autorité de Santé [page consultée le 21/04/2022]. Accident vasculaire cérébral : méthodes de rééducation de la fonction motrice chez l'adulte [en ligne]. https://www.has-sante.fr/jcms/c_1334330/fr/accident-vasculaire-cerebral-methodes-de-reeducation-de-la-fonction-motrice-chez-l-adulte
56. Barclay RE, Stevenson TJ, Poluha W, Semenko B, Schubert J. Mental practice for treating upper extremity deficits in individuals with hemiparesis after stroke. *Cochrane Database Syst Rev* [Internet]. 2020 [consultée le 21/04:2022]. Disponible sur: <https://www.cochranelibrary.com/cdsr/doi/10.1002/14651858.CD005950.pub5/full>

Annexes

Sommaire des annexes

A. Annexe 1 : The Manual Ability Classification System (MACS) [14]	75
B. Annexe 2 : Tableaux des références exclues	76
C. Annexe 3 : Grille de lecture d'un article thérapeutique – HAS [49]	78
D. Annexe 4 : Echelle PEDro	79
E. Annexe 5 : tableau récapitulatif des résultats par article	80

A. Annexe 1 : The Manual Ability Classification System (MACS) [14]

MACS

Ce que vous devez savoir pour utiliser MACS?
L'habilité de l'enfant à manipuler les objets dans les activités importantes de la vie quotidienne, par exemple pendant le jeu et les loisirs, l'alimentation et à l'habillage.
Dans lesquelles de ces situations l'enfant est autonome et à quel point a-t-il/elle besoin de support et d'adaptation.

- I. Manipule les objets facilement et avec succès.** Au plus, a des limitations dans l'aisance à exécuter des tâches manuelles qui requièrent de la vitesse et de l'exactitude. Par contre, n'importe quelle limitation dans les habiletés manuelles ne restreint pas l'autonomie dans les activités quotidiennes.
- II. Manipule la plupart des objets mais avec une certaine diminution de la qualité et/ou vitesse de complétion.** Certaines activités peuvent être évitées ou complétées mais avec une certaine difficulté; des façons alternatives de performance peuvent être utilisées, mais les habiletés manuelles ne restreignent habituellement pas l'autonomie dans les activités quotidiennes.
- III. Manipule les objets avec difficulté; a besoin d'aide pour préparer et/ou modifier les activités.** La performance est lente et complétée avec un succès limité en ce qui concerne la qualité et la quantité. Les activités sont exécutées de façon autonome si elles ont été organisées préalablement ou adaptées.
- IV. Manipule une sélection limitée d'objets faciles à utiliser dans des situations adaptées.** Exécute des parties d'activités avec effort et un succès limité. Requiert un support continu et de l'assistance et/ou de l'équipement adapté, même pour une réalisation partielle de l'activité.
- V. Ne manipule pas les objets et a une habileté sévèrement limitée pour performer même des actions simples.** Requiert une assistante totale.

Distinction entre les Niveaux I et II
Les enfants dans le Niveau I peuvent avoir des limitations lors de la manipulation d'objets très petits, lourds ou des objets fragiles qui demandent un contrôle moteur fin détaillé, ou une coordination efficace entre les deux mains. Les limitations peuvent aussi être impliquées lors de situations nouvelles et non familières. Les enfants dans le Niveau II réussissent presque les mêmes activités que les enfants du Niveau I, mais la qualité de la performance est diminuée ou la performance est plus lente. Les différences fonctionnelles entre les mains peuvent limiter l'efficacité de la performance. Les enfants dans le Niveau II essaient fréquemment de simplifier la manipulation d'objets, par exemple en utilisant une surface pour le support plutôt que de manipuler les objets avec les deux mains.

Distinction entre les Niveaux II et III
Les enfants dans le Niveau II manipulent la plupart des objets, toutefois plus lentement ou avec une performance réduite en qualité. Les enfants du Niveau III ont régulièrement besoin d'aide pour préparer l'activité et/ou requièrent que des ajustements soient faits dans l'environnement vu que leur habilité à rejoindre ou à manipuler les objets est limitée. Ils ne peuvent pas compléter certaines activités et leur degré d'autonomie est relié au support du contexte environnemental.

Distinction entre les Niveaux III et IV
Les enfants du Niveau III peuvent exécuter des activités sélectionnées si la situation est pré-arrangée et si ils reçoivent de la supervision et beaucoup de temps. Les enfants du Niveau IV ont besoin d'aide continue pendant l'activité et peuvent au mieux participer de façon significative dans uniquement certaines parties de l'activité.

Distinction entre les Niveaux IV et V
Les enfants du Niveau IV exécutent une partie de l'activité, par contre, ils ont besoin d'aide continuellement. Les enfants du Niveau V peuvent au mieux participer avec un mouvement simple dans des situations spéciales, ex : en poussant un bouton ou occasionnellement en tenant des objets peu exigeants.

B. Annexe 2 : Tableaux des références exclues

Références exclues	Raison
Jongsma MLA, Steenbergen B, Baas CM, Aarts PB, van Rijn CM. Lateralized EEG mu power during action observation and motor imagery in typically developing children and children with unilateral Cerebral Palsy. Clin Neurophysiol. déc 2020;131[12]:2829-40.	Pas trop le sujet (ne répond pas aux hypothèses)
Craje C, van Elk M, Beeren M, van Schie HT, Bekkering H, Steenbergen B. Compromised motor planning and Motor Imagery in right Hemiparetic Cerebral Palsy. Res Dev Disabil. nov 2010;31[6]:1313-22.	Problème de l'un des critères d'inclusion (âge : adulte)
Molina M, Kudlinski C, Guilbert J, Spruijt S, Steenbergen B, Jouen F. Motor imagery for walking: A comparison between cerebral palsy adolescents with hemiplegia and diplegia. Res Dev Disabil. févr 2015;37:95-101.	Pas vraiment le sujet (compare deux sortes de PC)
Van Eck M, Dallmeijer AJ, Voorman JM, Becher JG. Longitudinal study of motor performance and its relation to motor capacity in children with cerebral palsy. Dev Med Child Neurol. avr 2009;51[4]:303-10	Pas vraiment le sujet
Abdelmoteleb EK. Effect of Motor Imagery Training on Gait and Balance in Children With Spastic Hemiplegia [Internet]. clinicaltrials.gov; 2021 avr [cité 11 nov 2021]. Report No.: study/NCT04765917. Disponible sur: https://clinicaltrials.gov/ct2/show/study/NCT04765917	Study design : protocole de recherche (résultats pas encore disponibles)
Karabulut D. The Effect of Motor Imagery Training on Muscle Activity, Motor Imagery and Functional Movement Skills in Individuals Unilateral Cerebral Palsy [Internet]. clinicaltrials.gov; 2020 oct [cité 11 nov 2021]. Report No.: study/NCT03954808. Disponible sur: https://clinicaltrials.gov/ct2/show/study/NCT03954808	Pas disponible en entier
Free Papers. Dev Med Child Neurol. mars 2014;56:2-56.	Pas disponible en entier

<p>Buccino G, Arisi D, Gough P, Aprile D, Ferri C, Serotti L, et al. Improving upper limb motor functions through action observation treatment: a pilot study in children with cerebral palsy: Action Observation Treatment in CP. <i>Dev Med Child Neurol.</i> sept 2012;54[9]:822-8.</p>	<p>Problème de l'un des critères d'inclusion (pas que PCU)</p>
<p>Sgandurra G, Ferrari A, Cossu G, Guzzetta A, Biagi L, Tosetti M, et al. Upper limb children action-observation training (UP-CAT): a randomised controlled trial in Hemiplegic Cerebral Palsy. <i>BMC Neurol.</i> déc 2011;11[1]:80.</p>	<p>Study design : protocole de recherche</p>
<p>Simon-Martinez C, Mailleux L, Ortibus E, Fehrenbach A, Sgandurra G, Cioni G, et al. Combining constraint-induced movement therapy and action-observation training in children with unilateral cerebral palsy: a randomized controlled trial. <i>BMC Pediatr.</i> déc 2018;18[1]:250.</p>	<p>Study design : protocole de recherche</p>
<p>Spruijt S, Jouen F, Molina M, Kudlinski C, Guilbert J, Steenbergen B. Assessment of motor imagery in cerebral palsy via mental chronometry: The case of walking. <i>Res Dev Disabil.</i> nov 2013;34[11]:4154-60.</p>	<p>Problème de l'un des critères d'inclusion (pas que PCU)</p>
<p>Steenbergen B, van Nimwegen M, Crajé C. Solving a mental rotation task in congenital hemiparesis: Motor imagery versus visual imagery. <i>Neuropsychologia.</i> janv 2007;45[14]:3324-8.</p>	<p>Problème de l'un des critères d'inclusion (âge moyen du groupe témoin : adulte)</p>

C. Annexe 3 : Grille de lecture d'un article thérapeutique – HAS [49]

Guide d'analyse de la littérature et gradation des recommandations

GRILLE DE LECTURE D'UN ARTICLE THERAPEUTIQUE

Titre et auteur de l'article: _____

Rev/Année/Vol/Pages _____

Thème de l'article :

	OUI	NON	?
1. Les objectifs sont clairement définis	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Méthodologie de l'étude			
• L'étude est comparative	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- l'étude est prospective	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- l'étude est randomisée	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Le calcul du nombre de patients a été fait <i>a priori</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• La population de l'étude correspond à la population habituellement traitée	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Toutes les variables cliniquement pertinentes sont prises en compte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• L'analyse statistique est adaptée	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• L'analyse est faite en intention de traiter	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Les résultats sont cohérents avec l'objectif de l'étude et tiennent compte d'éventuels effets secondaires	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Applicabilité clinique			
• La signification clinique est donnée	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Les modalités de traitement sont applicables en routine	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Commentaires :

D. Annexe 4 : Echelle 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:

E. Annexe 5 : tableau récapitulatif des résultats par article

Article 1	<ul style="list-style-type: none">- L'utilisation de l'IM chez les enfants atteints de PCU augmente les performances du membre supérieur- Les résultats obtenus durent dans le temps- La récupération motrice semble meilleure en combinant l'IM à une activité physique plutôt que d'isoler une thérapie
Article 2	<ul style="list-style-type: none">- L'IM permet l'activation de certaines zones du cerveau chez les enfants atteints de PCU- Peu d'impact du côté ciblé par l'IM- Le côté de la lésion joue un rôle dans les activations cérébrales : moins d'activation chez les patients ayant une lésion cérébrale gauche
Article 3	<ul style="list-style-type: none">- Les enfants atteints de PCU peuvent s'engager dans l'IM- Pas d'impact sur le temps de réaction mais diminution de leur capacité et la précision du mouvement- Influence des capacités fonctionnelles et de la mémoire de travail- Aucune différence n'a été observée entre les PCU droite et gauche
Article 4	<ul style="list-style-type: none">- L'IM, qu'elle soit seule ou combinée à une activité physique, provoque les mêmes effets sur les performances motrices des enfants atteints de PCU, peu importe le côté de leur hémiparésie- L'IM semble améliorer la vitesse et la précision des mouvements- Les effets entraînés par l'IM ont persisté dans le temps
Article 5	<ul style="list-style-type: none">- Les enfants atteints de PCU sont capables de s'engager dans une action d'IM implicite- Plus grande difficulté lorsque la main visée est celle touchée par l'hémiplégie- Diminution de la précision mais aucun impact sur le temps de réaction
Article 6	<ul style="list-style-type: none">- Les enfants atteints de PCU droite ont plus de difficultés à s'engager dans l'IM

	<ul style="list-style-type: none"> - Les enfants atteints de PCU gauche ont plus de difficultés à s'engager dans l'IM du côté touché
Article 7	<ul style="list-style-type: none"> - La majorité des enfants atteints de PCU ont pu s'engager dans l'IM - Pas de lien entre le côté de l'atteinte et les déficits d'IM
Article 8	<ul style="list-style-type: none"> - L'observation d'action permet une amélioration des performances
Article 9	<ul style="list-style-type: none"> - Les enfants atteints de PCU peuvent s'engager dans des tâches simples d'IM - Un déficit d'IM de mouvements complexes est retrouvé chez les enfants atteints de PCU gauche - Importance des capacités fonctionnelles des enfants pour s'engager dans l'IM, mais apporte peu d'importance au côté de l'hémiplégie