

Creative commons : Paternité - Pas d'Utilisation Commerciale -
Pas de Modification 2.0 France (CC BY-NC-ND 2.0)



<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/fr>

Université Claude Bernard



Lyon 1

Université Claude Bernard Lyon 1

Institut des Sciences et Techniques de la Réadaptation

Institut de Formation en Masso-Kinésithérapie

NOM : FANFANO

Prénom : Laura

Formation : Masso-Kinésithérapie

Année : 3^{ème}

**La thérapie miroir adaptée à la récupération sensorimotrice du
membre inférieur, avec des mouvements orientés vers la fonction
et une structure-miroir :
Etude chez 6 patients hémiparétiques**

Travail écrit de fin d'étude : étude de recherche

Année universitaire 2015-2016

RÉSUMÉ

La thérapie miroir crée une illusion visuelle de mouvement du membre pathologique, par feedback visuel sur le cortex moteur, alors que c'est le membre sain qui est en mouvement. Dans le domaine de la prise en charge de patients hémiparétiques post-AVC, des études menées essentiellement au niveau du membre supérieur, ont relaté des effets positifs de cette thérapie sur la récupération sensorimotrice. Rares sont les études qui ont investi le membre inférieur et pour la plupart les mouvements effectués par les patients concernent la chaîne cinétique ouverte. Pour cette étude pilote, une structure-miroir et un protocole adapté ont été mis en place, afin de permettre la réalisation de mouvements préférentiellement en chaîne cinétique fermée. En effet, nous pensons que les effets de la thérapie miroir sur le membre inférieur seraient optimisés lorsque les patients réalisent des mouvements orientés vers les principales fonctions de ce membre : la station debout et la marche.

Six patients présentant une hémiparésie droite ou gauche, suite à un AVC ont été inclus dans cette étude. Le critère de jugement principal est la motricité du membre inférieur et les critères de jugements secondaires sont l'équilibre, la posture et la marche.

Des tendances se dégagent : il semblerait que la TMI favorise la récupération de la fonction sensorimotrice, mais aussi la symétrie de la répartition du poids du corps entre les deux pieds, la vitesse de marche et de l'indépendance fonctionnelle.

MOTS-CLÉS: Thérapie miroir, structure-miroir, membre inférieur, AVC, hémiparésie, récupération de la fonction motrice, neurones miroirs.

ABSTRACT

Mirror therapy creates a visual illusion of movement of the pathologic limb through visual feedback applied on the motor cortex, while actually the normal limb is moving. In the care of patients afflicted by hemiparesis caused by a stroke, some studies concerning mostly the upper limb have been made and found positive effects of this therapy on sensomotor rehabilitation. The few studies that investigated on the lower limb were mostly lead on open kinetic chain movements in patients. For this pilot study, a mirror structure has been built and an adapted protocol has been set in order to permit the realisation of movements essentially in close kinetic chain. Indeed, one does think that the effects of mirror therapy on the lower limb would be optimised when patients perform movements orientated to the principal functions of this limb: standing station, and walk.

Six patients afflicted by hemiparesis after stroke have been included in this trial. The principal judgement criterion is motor function of the lower limb, and the secondary judgment criteria are balance, posture, and walk.

Some new tendencies are to appear: it seems like mirror therapy helps sensomotor function rehabilitation, as well as the balance of the distribution of body weight between both feet, the walking speed and the Functional Independence Measure.

KEY WORDS: Mirror therapy, mirror-structure, lower limb, stroke, hemiparesis, rehabilitation motor recovery, mirror neurons

TABLE DES MATIÈRES

I. INTRODUCTION	1
II. ÉTAT ACTUEL DES CONNAISSANCES	2
2.1 Hémiplégie suite à un AVC	2
2.2 La thérapie miroir	3
2.2.1 Origines de la thérapie miroir	3
2.2.2 Explications neurophysiologiques de la thérapie miroir	4
2.2.3 Les différents domaines d'applications de la thérapie miroir	5
2.2.4 La thérapie miroir appliquée au membre inférieur dans un contexte d'hémi-parésie post AVC	6
2.3 Vers un protocole de thérapie miroir intégrant d'avantage la fonction du membre inférieur.	7
III. MÉTHODOLOGIE	9
3.1 Population	10
3.1.1 Sujets concernés	10
3.1.2 Taille de l'échantillon	10
3.2 Matériel	10
3.3 Méthode	11
3.3.1 Données recueillies	11
3.3.2 Déroulement de l'étude	12
3.3.3 Analyse des données	17
IV. RÉSULTATS	18
4.1 Comparabilité de l'échantillon	18
4.2 Présentation des résultats	19
4.2.1 La motricité	19
4.2.2 L'équilibre	20
4.2.3 La marche	20
4.2.4 La posture	20
4.2.5 Critères additionnels	21
4.3 Analyse des résultats	21
V. DISCUSSION	22
5.1 Analyse subjective des résultats	22
5.2 Lecture critique	23
5.2.1 Validité interne	23
5.2.2 Cohérence externe	24
5.2.3 Pertinence clinique et représentativité	25
5.3 Critiques supplémentaires concernant la structure-miroir	26

5.4 Critiques supplémentaires concernant le protocole	26
5.5 Remarques générales concernant la thérapie miroir	27
5.5.1 Remarques concernant les études antérieures.....	27
5.5.2 Quel est le niveau d'implication des neurones miroirs ?	27
5.5.3 Quels sont les effets secondaires et/ou les contre-indications potentiels de la thérapie miroir ?.....	28
5.6 Quelles sont les perspectives possibles à la suite à cet essai pilote ?	31
5.6.1 Comment adapter au mieux le protocole à l'expérience motrice du patient ?	31
5.6.2 Les différents types de valorisation des résultats	31
 VI. <u>CONCLUSIONS</u>	 32
 VII. <u>GLOSSAIRE</u>	
 VIII. <u>BIBLIOGRAPHIE</u>	
 IX. <u>ANNEXES</u>	

I. INTRODUCTION

L'accident vasculaire cérébral (AVC) est la première cause de handicap en France. Plus de 50% des patients après un AVC conservent un déficit majeur de type hémiparésie. Afin de favoriser la récupération de la fonction sensorimotrice, plusieurs auteurs ont relaté les effets positifs de la thérapie miroir (T_{Mi}). Ce dispositif crée une illusion visuelle de mouvement du membre pathologique, par rétroaction (« *feedback* ») visuelle sur le cortex moteur, alors que c'est le membre sain qui est en mouvement. Dans le cadre de la prise en charge des patients hémiparétiques, les recherches se sont axées principalement sur la récupération de la fonction sensorimotrice du membre supérieur : existe-t-il une explication pathogénique à ce choix ou est-ce seulement une question d'opportunité ?

Quoiqu'il en soit, lorsqu'un patient est atteint d'une hémiplégie ou d'une hémiparésie, le membre inférieur (MI) peut lui aussi être déficient. La récupération de la fonction sensorimotrice du membre inférieur détermine la capacité de marche (*incluant la posture et l'équilibre*), qui est une condition nécessaire pour l'indépendance du patient. Peu d'auteurs se sont axés sur l'efficacité de la T_{Mi} pour la récupération de la fonction sensorimotrice du MI.

Quels sont les effets sur la récupération sensorimotrice du MI du patient hémiparétique par la T_{Mi} combinant des mouvements orientés vers la fonction et la station debout ?

Nous étudierons l'efficacité de cette thérapie sur la fonction sensorimotrice, avec un protocole intégrant des mouvements orientés vers la fonction, des mouvements en chaîne cinétique fermée (CCF), afin d'optimiser la récupération sensorimotrice du MI.

Un protocole, avec une progression dans la difficulté, sera mis en place afin d'adapter l'application de la T_{Mi} en position debout pour se rapprocher au mieux des fonctions principales du MI: la marche et la station debout. Une structure en miroir a été ainsi créée pour permettre de réaliser des mouvements du MI orientés vers la fonction, proche de la position verticale.

Les sujets de l'étude sont des patients présentant une hémiparésie droite ou gauche, suite à un AVC. Le **critère de jugement principal** est **la motricité du membre inférieur**. Les **critères de jugements secondaires** sont **l'équilibre**, la **posture** et la **marche**.

Les résultats espérés à la fin de cet essai pilote, sont une augmentation moyenne de la motricité du membre inférieur significativement différente en faveur du groupe test. Il est aussi attendu une augmentation moyenne de la qualité de la marche, de l'équilibre et de la posture, toujours en faveur du groupe test.

Il s'agit de l'application initiale, à petite échelle, de ce protocole d'étude, afin de vérifier si la conception est adéquate et d'établir sa viabilité.

II. ÉTAT ACTUEL DES CONNAISSANCES

2.1 HEMIPLEGIE SUITE A UN AVC

L'accident vasculaire cérébral est, selon la définition de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), « *un déficit brutal d'une fonction cérébrale focale sans autre cause apparente qu'une cause vasculaire* ». L'AVC survient lors de l'interruption brutale du flux sanguin cérébral, privant ainsi une, ou différentes parties de l'encéphale, en oxygène et causant leur dysfonctionnement puis leur mort en quelques minutes (De Morand, 2011). L'AVC est une cause majeure de décès et de dépendance.

Deux catégories d'AVC d'origine vasculaire sont individualisées : l'AVC ischémique et l'AVC hémorragique. D'autres étiologies de l'AVC existent mais l'étiologie vasculaire demeure la plus fréquente. Cette étude s'intéressera particulièrement à la récupération de la fonction sensorimotrice chez les patients atteints d'hémi-parésie suite à un AVC d'origine vasculaire.

Les déficiences motrices et/ou sensitives et/ou cognitives sont retrouvées avec des niveaux de gravité variables d'un patient à l'autre. Un AVC touchant l'hémisphère cérébral droit va entraîner une hémiparésie gauche et inversement.

Chaque année en France, 130 000 personnes en sont victimes (*prévalence estimée à 400 000 patients*) (HAS) C'est la troisième cause de décès après les cancers et les affections cardiovasculaires dans les pays industrialisés. L'AVC est la première cause de handicap acquis en France. En effet, plus de 50% des patients après un AVC conservent un déficit moteur. C'est pourquoi la prise en charge des patients hémiparésiques et hémiparétiques suite à un AVC est un enjeu majeur de santé publique.

La prise en charge de l'hémiparésie peut être diverse et variée, de nombreuses méthodes de rééducation existent à l'heure actuelle. Cependant peu de ces méthodes possèdent un niveau de preuve élevé, le dernier rapport de l'HAS lance un appel « *aux études nécessaires pour identifier précisément les indications et les modalités des nombreuses méthodes de rééducation de la fonction motrice qui sont pratiquées au quotidien. Il s'agit d'entreprises d'importance, qui requièrent en préalable l'harmonisation de critères d'évaluation.* » (HAS, recommandation de bonne pratique, Accident vasculaire cérébral : méthode de rééducation de la fonction motrice chez l'adulte, Juin 2012)

L'hémiparésie se définit comme la paralysie complète d'un hémicorps. Dans le cas d'une perte incomplète de la motricité volontaire, le terme utilisé est celui d'hémi-parésie. L'hémiparésie est une atteinte secondaire à l'atteinte du système pyramidal. Elle est due à une lésion unilatérale de la voie motrice principale, entre le neurone d'origine du faisceau pyramidal et sa synapse avec le motoneurone alpha dans la corne antérieure de la moelle épinière. Une lésion hémisphérique, du tronc cérébral ou médullaire peut entraîner une

hémiplégie controlatérale ou, exceptionnellement (*si la lésion siège en aval de la décussation du faisceau pyramidal*), homolatérale à la lésion.

L'hémiplégie est le plus souvent la conséquence d'un AVC. L'atteinte motrice est fréquemment associée à des troubles sensitifs, neuropsychologiques, etc. (*Mailhan et al., 2003*).

2.2 LA THERAPIE MIROIR

2.2.1 ORIGINES DE LA THERAPIE MIROIR

La TMi est un des moyens permettant une récupération de la fonction sensorimotrice. Ce concept est né, aux Etats-Unis, *en 1995 suite aux travaux de V. Ramachandran* à l'université de Californie de San Diego.

La population cible était une série de patients amputés présentant des douleurs de type algo-hallucinoïde. La moitié de ces patients prétendaient pouvoir bouger la partie de leur membre amputé, ils vivaient une expérience sensorielle convaincante. L'autre moitié de ces patients ressentait leur membre amputé comme paralysé, figé dans un spasme douloureux. Le véritable bras était lui-même paralysé, avant l'amputation, suite à une lésion d'un nerf périphérique. Lorsque le membre supérieur (MS) n'était pas encore amputé mais paralysé, le cerveau envoyait la commande motrice de mouvoir le MS. Cependant, le feedback visuel renvoyait l'image d'un MS inerte. Ce conflit s'inscrit alors dans la structure même des circuits cérébraux, d'où le concept de « *paralysie acquise* » introduit par V. Ramachandran (*Ramachandran et al., 2009*).

C'est ainsi que le cerveau apprend, par le lien associatif de Hebb, que la simple commande motrice de mouvoir le MS crée alors la sensation d'un bras paralysé. Puis, après l'amputation de ce MS, cette paralysie acquise est transférée dans l'image corporelle et le membre fantôme.

Comment désapprendre cette paralysie acquise, de telle sorte à pouvoir soulager le membre fantôme de ce spasme douloureux ? Que se passerait-il si la commande motrice de mouvoir le MS était associée à un feedback visuel qui obéisse à cette intention ? C'est ainsi que le concept même de TMi fut élaboré (*Ramachandran, « 3 clues to understanding your brain », conf. Mars 2007*).

L'objectif était la diminution, voire la disparition, des douleurs des membres fantômes par la stimulation mentale, donnant l'illusion au cortex cérébral que le membre amputé ne l'était plus. Un miroir a été placé dans le plan sagittal, entre les membres du patient, reflétant ainsi l'image du membre sain dans le miroir. Les objectifs secondaires étaient de soulager la paralysie et les spasmes au sein du membre dit fantôme.

Les patients ont effectué des mouvements avec le membre dit sain, tout en regardant le reflet de ce dernier dans le miroir. Ce dispositif crée une illusion visuelle de mouvement du membre pathologique, par feedback visuel sur le cortex moteur. De plus, le membre pathologique est alors exclu du champ visuel du patient. Ce dernier doit impérativement se

concentrer sur le reflet du membre sain dans le miroir, et avoir l'intention de réaliser ce mouvement avec le membre pathologique. Ce dernier point est important pour stimuler les structures sensorimotrices et associer une information visuelle cohérente à l'intention.

Enfin, il faut souligner que le concept de « *paralysie acquise* » est transposable au contexte d'hémiplégie post-AVC. Il est possible qu'un œdème et un gonflement de la matière blanche interrompent temporairement les signaux corticaux dans les premiers jours ou semaines. Cela pourrait conduire à une forme de paralysie acquise qui persisterait même après la disparition de l'œdème et du gonflement (*Ramachandran, 1994*).

2.2.2 EXPLICATIONS NEUROPHYSIOLOGIQUES DE LA THERAPIE MIROIR

2.2.2.1 COMMENT EXPLIQUER LES EFFETS DE CE FEEDBACK VISUEL ?

Le cerveau se trouve dans un contexte majeur de conflit sensoriel : D'une part, par le feedback visuel il reçoit l'information « *que le membre supérieur fantôme est de retour et mobile* ». D'autre part, la réception adéquate ne se produit pas et les signaux musculaires et proprioceptifs confirment l'absence du membre fantôme. Il est possible que cette discordance entre l'intention motrice et le mouvement réel, contribue à générer de la douleur, de la même manière qu'une incongruence vestibulo-visuelle peut générer un « *mal de mer* ». Or, lors de l'intégration d'informations sensorielles différentes, le cerveau attribue une importance différente à ces multiples entrées sensorielles en fonction de leur fiabilité statistique (*Gibson et al., 1962*) (*Rock and Victor, 1964*). Sachant que les informations visuelles ont priorité sur les autres informations sensibles (*proprioceptives, tactiles etc.*), ceci pourrait permettre de « *tromper* » le cerveau en générant l'illusion que le patient possède deux membres sains (*Berquin et al., 2015*).

2.2.2.2 QUEL EST LE ROLE DES NEURONES MIROIRS ?

Il s'avère qu'il existe des neurones appelés « *neurones de commande moteur ordinaires* » situés dans la zone frontale du cerveau qui ont été identifiés depuis plus de cinquante ans. Ces neurones vont s'activer lorsqu'une personne accomplit une action spécifique. Mais le professeur Rizzolatti, en 1996, a découvert qu'une partie de ces neurones, peut être environ 20%, vont aussi s'activer lorsque la personne observe quelqu'un effectuer cette même action. C'est le **système miroir** qui a été identifié chez l'Homme, dans l'aire de Broca et dans le cortex pariétal inférieur (*Rizzolatti et al., 1996*).

Les **neurones miroirs** désignent une catégorie de neurones qui présentent une activité aussi bien lorsqu'un individu exécute une action, que lorsqu'il observe un autre individu exécuter la même action, ou bien qu'il pense que ce dernier va effectuer cette action. Les neurones miroirs sont donc définis par deux propriétés : (i) Leur caractère « **miroir** » par le fait qu'ils réagissent aussi bien aux actions de soi que d'autrui, puis (ii) leur **sélectivité**, chaque neurone ne répondant qu'à un seul type d'action, mais ne répondant pas, ou très peu, quand il s'agit d'un autre geste (*Mathon, 2013*). La vue d'actes exécutés par un tiers induit une activité cérébrale différente selon les compétences motrices des sujets en question. Ainsi

l'activation du système moteur des neurones miroirs est-elle modulée, non pas par l'expérience visuelle, mais par la pratique motrice et la mémoire motrice.

L'usage des neurones miroirs implique une interaction entre de nombreuses modalités: la vision, la commande motrice, et la proprioception. Ceci suggère que ces neurones soient impliqués dans l'efficacité du feedback visuel miroir sur l'AVC (*Ramachandran et al., 2008*). La TMi, rééducation en rétroaction visuelle modifiée, s'appuie sur l'idée que l'apprentissage moteur passe par l'observation. Dès lors, si l'intention de réaliser un geste est présente, alors il y aura une activation des zones superposables à celles activées par la réalisation de ce geste. *Gary et al., (2005)* ont démontré que chez des personnes saines, le fait de voir l'image de la main active reflétée dans le miroir, augmente significativement l'excitabilité neuronale dans le cortex moteur primaire ipsilatéral.

La paralysie post-AVC est due en partie à des dommages « *permanents* » de la capsule interne, mais aussi à une forme de paralysie acquise pouvant être désapprise grâce à la TMi. Il est également possible que la lésion causée ne soit pas toujours complète. Il se peut qu'un reste de neurones miroirs survive, et que ceux-ci soient « *dormants* », ou que leur activité soit inhibée et n'atteigne pas son seuil d'activation. Dans ce cas, les aires motrices peuvent se retrouver temporairement inactivées selon un mécanisme identique à celui de la paralysie acquise avec un échec du feedback visuel pour lever cette inactivité.

C'est pourquoi l'équipe du Pr Ramachandran a émis le **postulat** que **l'efficacité du feedback visuel miroir est due en partie à la stimulation de ces neurones, laquelle fournirait l'afférence visuelle nécessaire pour raviver ces « motoneurones ».**

Ce constat peut s'expliquer par la plasticité cérébrale, ensemble de processus permettant de développer, remodeler, améliorer ou reconstituer des connexions à partir de la situation antérieure à l'AVC. La TMi peut ainsi potentialiser le phénomène de plasticité cérébrale.

2.2.3 LES DIFFERENTS DOMAINES D'APPLICATIONS DE LA THERAPIE MIROIR

De nombreux auteurs ont démontré des effets significatifs de la TMi concernant différentes déficiences dans plusieurs domaines, et en particulier :

- **Traitement du syndrome régional complexe de type 1 (SDRC 1)** par soulagement de la douleur et amélioration du contrôle moteur dans un contexte de SDRC 1 en phase aiguë (*Candida et al., 2008*) (*Cacchio et al., 2009*). Cependant, dans le cadre du stade chronique, les effets sont plus controversés selon les auteurs (*Tichelaar et al., 2008*) (*Samaar Al Sayegh et al., 2009*).
- **Traitement de la douleur du membre fantôme** (*Ramachandran et al., 1995*).
- **Traitement fonctionnel de la main** chez des patients atteints de blessures orthopédiques. (*Rostami et al., 2013*).

Dans le cadre de **patients hémiplésiques post-AVC**, plusieurs auteurs ont montré des effets significatifs de la TMi sur la **douleur**, notamment celle touchant le **membre supérieur**. *Cacchio et al., (2009)*, dans une étude randomisée et contrôlée, ont conclu que contrairement à la thérapie par l'imagerie motrice, la TMi réduit efficacement la douleur et améliore la

fonction du membre supérieur des patients ayant subi un AVC accompagné d'un SDRC 1 chronique. De plus, *Jeyaraj et al.*, (2014), ont démontré par un essai contrôlé randomisé, que la TMI peut réduire **la négligence unilatérale du membre supérieur** chez des patients ayant subi un AVC.

Par ailleurs, concernant la **récupération de la fonction sensorimotrice du membre supérieur**, *Yavuzer et al.*, (2009), par une étude randomisée en double aveugle, ont démontré des différences significatives entre les groupes, concernant la récupération motrice (*Brunnstrom stage*) et la fonctionnalité (*Mesure d'Indépendance Fonctionnelle*); ces différences apparaissent à la fin du traitement et se maintiennent après 6 mois de suivi, en faveur du groupe miroir. En outre, *Lin et al.*, (2014), ont démontré que la combinaison de la TMI et de stimulations afférentes réduit les déficiences motrices du membre supérieur et améliore la dextérité manuelle.

Ainsi donc, de nombreux auteurs ont relaté des effets positifs de la TMI, dans le cadre de la rééducation des patients hémiparétiques post-AVC. Cependant, les recherches se sont axées principalement sur la récupération sensorimotrice du membre supérieur.

Existe-t-il une explication pathogénique à ce constat ou bien est-ce seulement une question d'opportunité ? A savoir, un contexte opportun en fonction de la disponibilité des patients atteint de déficiences au niveau du membre supérieur à un moment donné, une facilité de mise en place d'un protocole de la TMI pour le membre supérieur, ou enfin un continuum des recherches initiées par l'équipe du professeur V. Ramachandran ?

Cette question est importante car lorsqu'un patient est atteint d'une hémiplégie ou d'une hémiparésie, le membre inférieur peut lui aussi être déficient. La récupération de la fonction sensorimotrice du membre inférieur détermine la capacité de marche, qui est une condition nécessaire pour l'indépendance du patient : Quels sont les effets de la TMI sur la récupération sensorimotrice du membre inférieur et le fonctionnement moteur chez des patients ayant subi un AVC ?

2.2.4 LA THERAPIE MIROIR APPLIQUEE AU MEMBRE INFERIEUR DANS UN CONTEXTE D'HEMIPARESIE POST AVC

Sütbeyaz et al., (2007), dans une étude randomisée et contrôlée, révèlent que chez les patients atteints d'une hémiparésie suite à un AVC, la TMI associée à une rééducation conventionnelle, permet d'améliorer la récupération de la fonction sensorimotrice du membre inférieur. Il n'y a pas eu de résultats significatifs en faveur de la TMI concernant la spasticité et la marche. De plus, cette étude met en évidence que les effets de la TMI peuvent être durables par les résultats des tests effectués 6 mois post-étude.

Dans cette dernière étude, tous les sujets ont effectué des mouvements de flexion dorsale de la cheville du côté non parétique. La dorsiflexion a été choisie, car elle représenterait la sélectivité du système moteur. Dans le cadre de patients hémiparétiques post-AVC, la motricité analytique est la plus déficiente. La formation d'un mouvement de cheville est connue pour faciliter la synchronisation du cerveau, l'angle de dorsiflexion pourrait ainsi

servir de test physiologique pour évaluer la durée, l'intensité et le type de rééducations optimales (Dobkin et al., 2004).

Dans la marche du patient hémiparétique les défauts de positionnement du pied sont importants à prendre en compte. Cependant les défauts de positionnement et de contrôle des articulations désorganisent toute la chaîne cinétique du membre inférieur. Le pied en varus équin spastique rétracté est important à prendre en compte, mais les articulations du genou et de la hanche ne peuvent pas être négligées dans la rééducation.

De plus, le recurvatum dynamique du genou et son déficit de contrôle peuvent être dû à de multiples facteurs (*défaut de contrôle des autres articulations du MI en chaîne fermée, spasticité importante des muscles quadriceps ou triceps sural, défaut de proprioception*).

Enfin, il faut prendre en considération le contrôle déficitaire de la hanche : les déséquilibres musculaires entraînent le plus souvent un appui du MI en extension/rotation interne au niveau de la hanche. (De Morand, 2011)

Mohan et al., 2013, ont mis en place un essai pilote contrôlé et randomisé, pour démontrer les effets de la TMi sur la récupération de la fonction sensorimotrice du membre inférieur chez des patients hémiparétiques suite à un AVC en phase aiguë. Leur protocole inclut des mouvements concernant les trois articulations du membre inférieur, la hanche, le genou et la cheville. Malgré le faible nombre de patients impliqués dans l'étude, il semble qu'incorporer des mouvements fonctionnels concernant plusieurs articulations produise une meilleure récupération de la fonction sensorimotrice par rapport à des mouvements articulaires isolés. Ces auteurs ont aussi démontré des effets significatifs de la TMi pour l'amélioration de la récupération de la marche.

Choi et al., (2015), ont mis en place un essai contrôlé et randomisé pour évaluer les effets de la TMi sur la motricité, la marche et la montée des escaliers en incluant des mouvements avec un « stepper », donc des mouvements en CCF. Cette étude révèle que la TMi associée à une rééducation conventionnelle, permet d'améliorer la motricité des muscles de la hanche, la vitesse de marche et la capacité de monter des escaliers. Le fait d'utiliser un « stepper » fait appel à la montée des escaliers au quotidien pour le patient et permet de renforcer les muscles extenseurs du genou. Ainsi il semblerait plus approprié d'envisager l'application de la TMi avec des mouvements précis et orientés vers la fonction à récupérer.

2.3 VERS UN PROTOCOLE DE THERAPIE MIROIR INTEGRANT D'AVANTAGE LA FONCTION DU MEMBRE INFERIEUR

Des recherches récentes dans le domaine de la rééducation post-AVC, mettent en évidence des différences de résultats après un AVC lorsque les patients travaillent avec des objectifs concrets en rapport avec une fonction versus qu'avec des objectifs centrés sur un mouvement analytique (Sheperd et al., 2005).



Fig.1 et Fig.2: Photographies d'essai d'adaptation de la TMI en position debout avec un miroir standard



Fig.3: Photographie d'essai d'adaptation de la TMI avec deux miroirs

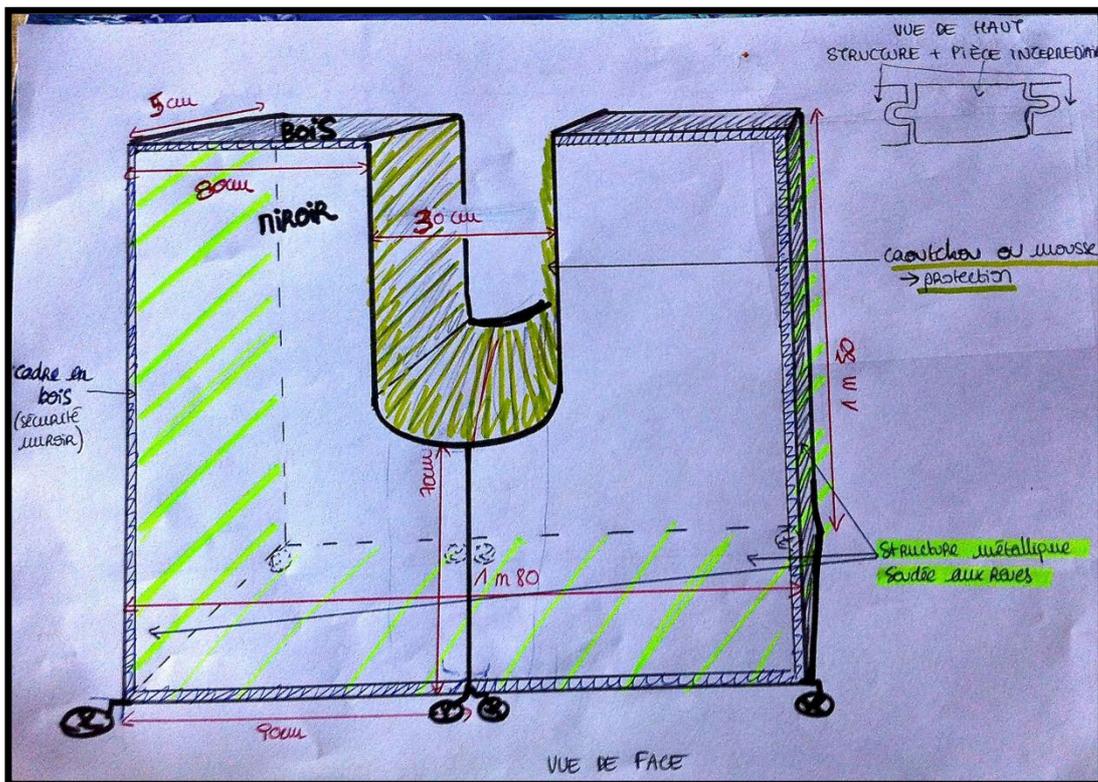


Fig.4 : Plan de la structure-miroir

De plus, *Mohan et al., (2013)*, ont démontré que l'incorporation de mouvements fonctionnels du membre inférieur, incluant plusieurs articulations, produisait une meilleure récupération de la fonction sensorimotrice que des mouvements articulaires isolés. Enfin, *Choi et al., (2015)*, ont révélé que le protocole de la TMI doit être pensé avec des mouvements orientés vers la fonction, par des exercices avec un « *stepper* » se rapprochant ainsi de la montée des escaliers.

Par conséquent, il est intéressant d'intégrer dans le protocole de notre essai pilote, des mouvements orientés vers la fonction, se rapprochant du schéma général de la marche et de la station debout. En incorporant des mouvements dirigés vers un but concret pour le patient, au sein d'un environnement adéquat, l'attention et la motivation du patient seront augmentées. Ceci est nécessaire pour une meilleure récupération de la fonction motrice.

Les différents protocoles de TMI jusqu'à présent mis en place et concernant le membre supérieur, incluaient des mouvements analytiques ou fonctionnels en chaîne cinétique ouverte (CCO). Au quotidien, le membre supérieur est en effet utilisé en CCO. Par contre, le membre inférieur, lui est utilisé au quotidien préférentiellement en CCF, notamment au cours de la marche. C'est pourquoi, il sera pertinent d'inclure des mouvements du MI en CCF.

Les protocoles de TMI jusqu'à présent mis en place pour le MI, ont pour la quasi-totalité été réalisés en position allongée ou en position assise. Ces positions ne permettent pas de réaliser des mouvements du MI en CCF. Il est nécessaire, que le patient soit en position debout. Nous avons donc essayé de mettre le patient en position debout avec un miroir classique positionné par terre (*cf fig.1 et fig.2*). Ce dispositif permettait seulement de voir les mouvements du pied, et en partie ceux du genou, mais la visualisation des mouvements de hanche étaient impossibles.

D'autres dispositifs ont été imaginés, en plaçant un miroir entre les deux membres inférieurs du patient, face à un autre miroir placé perpendiculairement à ce dernier. (*cf fig.3*). Le patient regardait alors le reflet de son membre sain au niveau du miroir face à lui. Si les neurones miroirs permettent d'expliquer les effets de la TMI, alors il est nécessaire d'intégrer la notion d'espace vital du patient (*Fogassi 2012*). En effet il a été démontré que ce ne sont pas les mêmes neurones qui réagissent quand l'action se produit dans l'espace vital ou en dehors. La distance entre l'observateur et l'image reflétée a ainsi toute son importance. Dans ce type dispositif, il est ainsi intéressant de s'interroger sur les conditions optimales permettant l'activation des motoneurones miroirs.

C'est pour répondre à ces différentes contraintes qu'une structure en miroir et en bois, a été élaborée afin que le patient puisse réaliser différents mouvements en se rapprochant de la position verticale. (*cf fig.4*). Mais le patient ne peut pas mettre l'ensemble du poids de son corps sur son membre inférieur parétique et réaliser les mouvements avec son membre sain. Il est donc délesté d'une partie de son poids grâce à un harnais d'un rail de marche.

Dans de nombreuses études portant sur les effets de la TMI, il est demandé aux patients de réaliser des mouvements de manière synchrone. *Summers et al., (2006)*, ont démontré

Tab.1 : Tableau comparatif de la durée et du nombre de séances de TMI totales issus de différents protocoles

Références	Durée séance de TMI	Nombre de séances de TMI/semaine	Durée totale du protocole
Sütbeyaz et al., 2007	30 min	5 jours/ semaine	4 semaines
Mohan et al., 2013	30 min	6 jours/ semaine	2 semaines
Jl et al., 2014	20 min	5 jours/ semaine	6 semaines
Choi et al., 2015	30 min	3 jours/ semaine	6 semaines
Abo Salem et al., 2015	30 min	5 jours/ semaine	4 semaines
Kim et al., 2016	30 min	5 jours/ semaine	4 semaines
Yavuzer et al., 2008	30 min	5 jours/ semaine	4 semaines

qu'une rééducation à court terme incluant une formation bilatérale peut être efficace dans la facilitation motrice du membre supérieur. Par le moyen de la TMS (*Stimulation Magnétique Transcrânienne*) la pratique de mouvements symétriques peut diminuer l'inhibition trans-calleuse de l'hémisphère affecté et de ce fait, augmenter la production motrice de l'hémisphère lésé. Il est à noter que cette étude ne s'est pas réalisée dans un contexte de TMi. Au sein du protocole de cette étude pilote, il a donc été demandé aux patients de réaliser les mouvements de manière bilatérale, synchrone, du moins en ayant l'intention de réaliser des mouvements symétriques (*même si le membre parétique ne bouge que très peu*).

Sütbeyaz *et al.*, (2007), ont réalisé un protocole composé d'une séance de 30 minutes par jour de TMi, 5 fois par semaine. Dans la majorité des essais, où seule la TMi est étudiée, un entraînement lourd à la même fréquence pendant une période de 4 à 6 semaines est mis en place (*cf tab.1*) Il est à noter que **l'augmentation des performances semble être en étroite corrélation avec le temps d'application de la thérapie.**

L'importance de l'intensité du travail est démontrée par le fait que les résultats fonctionnels de la rééducation sont améliorés lorsque l'intensité et la durée des exercices sont augmentées, sans toutefois dépasser 2 heures. Le protocole de cet essai pilote sera composé d'une séance de 30 minutes/jour, 3 fois par semaine durant 4 semaines pour des raisons d'applications pratiques sur le terrain de stage concerné.

Quels sont les effets sur la récupération sensorimotrice du MI du patient hémiparétique par la TMi combinant des mouvements orientés vers la fonction et la station debout ?

Par ce travail nous avons comme objectif de mettre en place un protocole intégrant des mouvements orientés vers la fonction, incluant une action concrète, des mouvements préférentiellement en CCF, afin d'optimiser les effets sur la fonction quotidienne. Nous avons aussi comme objectif d'adapter l'application de la TMi en position verticale pour se rapprocher au mieux de la fonction principale du membre inférieur : la marche et la station debout, par la création d'une structure-miroir.

III. MÉTHODOLOGIE

L'objectif principal est d'évaluer les effets de la TMi, via la structure-miroir, appliquée au membre inférieur sur la récupération de la fonction sensorimotrice après un AVC. Les **objectifs secondaires** sont d'explorer les effets de cette thérapie sur l'équilibre, la posture et la marche. La **nature du facteur étudié** est ainsi l'efficacité de la TMi. Le **critère de jugement principal** est la motricité du membre inférieur. Les **critères de jugement secondaires** sont la marche, l'équilibre et la posture.

Tab.2 : Tableau qualifiant les sujets inclus dans cette étude

	CRITÈRES D'INCLUSION	CRITÈRES DE NON INCLUSION	CRITÈRES D'EXCLUSION
NON SPÉCIFIQUES À CET ESSAI CLINIQUE	<ul style="list-style-type: none"> - Sujet ayant signé le formulaire de consentement écrit éclairé de l'étude. - Sujet n'étant pas en période d'exclusion par rapport à une autre étude. 	<ul style="list-style-type: none"> - Participation à une étude thérapeutique dans le mois précédant l'inclusion. - Sujet non affilié à un régime de sécurité sociale, ou non bénéficiaire d'un tel régime. - Refus de participer à l'étude. - Inaptitude à donner un consentement. 	<ul style="list-style-type: none"> - Patient décédé. - Retrait du consentement éclairé et refus d'utilisation des données. - Patient perdu de vue.
SPÉCIFIQUES À CET ESSAI CLINIQUE	<ul style="list-style-type: none"> - Sujet présentant une hémiparésie droite ou gauche, suite à un AVC vasculaire (<i>ischémique ou hémorragique</i>). - Sujet suivi au sein du centre où se déroulera l'essai pilote. - Sujets victimes de leur primo AVC. - Sujets bénéficiant ou ayant bénéficié d'une prise en charge médicale et de rééducation de l'hémiparésie vasculaire. - Sujets avec un état clinique considéré comme stable sur le plan cardio-vasculaire et neurologique. - Sujets hémiparétiques dans une tranche d'âge de 50-75 ans : tranche d'âge concernée par l'AVC. - Sujets aptes à comprendre les consignes nécessaires à la réalisation de l'étude (<i>être capable de comprendre et de suivre des instructions verbales simples</i>). - Sujets sans troubles cognitifs sévères qui pourraient interférer avec le but de l'étude : Examen Mini Mental State score > 23. - Sujets capables de tenir debout au moins le temps d'un essai (<i>32 secondes</i>) yeux ouverts et yeux fermés pour pouvoir utiliser la plateforme de stabilométrie. 	<ul style="list-style-type: none"> - Existence de troubles associés : troubles psychiatriques, de la mémoire et troubles de la compréhension. - Absence de stabilité de l'état lésionnel neurologique cérébral (<i>risque d'hémorragie, risque vasculaire embolique</i>). - Arthroplastie de la hanche ou du genou ou une pathologie, autre que l'hémiparésie, perturbant l'équilibre (<i>troubles du système vestibulaire, trouble de la vision, syndrome cérébelleux, polyarthrite rhumatoïde</i>). - Hémianopsie latérale homonyme. - Hémi-négligence (<i>Test des cloches < 23</i>). - Apraxie. - Tout participant informé de la possibilité d'abandonner à tout moment l'étude et qui y renonce. Les résultats partiels ne sont alors pas exclus de l'analyse. Il en est de même en cas de décès ou de départ (<i>examen hors centre</i>) du participant. 	



Fig.5 : Vue antérieure de la structure miroir



Fig.6 : Vue postérieure de la structure miroir



Fig.7 : Système de rallonges

3.1 POPULATION

La population source est composée de patients hémiparétiques post-AVC.

3.1.1 SUJETS CONCERNES

Les critères d'inclusion, de non inclusion et d'exclusion sont décrits au sein du tableau n°2.

3.1.2 TAILLE DE L'ECHANTILLON

D'après l'étude de Stübeyaz (*Stübeyaz et al., 2007*), le groupe test a montré une évolution moyenne de la motricité de 1,7 et le groupe contrôle de 0,8, il en résulte un écart-type commun de 0,64. D'après l'étude de Mohan (*Mohan et al, 2013*) le groupe test a obtenu un score moyen de la motricité de 25,36 et le groupe contrôle de 17,36, il en résulte un écart-type commun de 5,66. Pour ces deux types d'études, d'après le site BiostaTGV, il faudrait inclure un nombre total de 18 patients.

C'est pourquoi, il est nécessaire d'inclure au minimum 18 patients au total dans cet essai pilote, dont 9 patients dans le groupe test et 9 patients dans le groupe contrôle. Cependant, lors de la période durant laquelle le stage s'est déroulé il n'y avait que 6 patients qui répondaient aux critères fixés.

3.2 MATERIEL

Pour ce protocole une structure en bois et en miroir est utilisée, mesurant 1m50 x 1m80, en forme grossièrement de U. Une face est composée de miroir (*cf fig.5*) et l'autre face est composée de bois (*cf fig.6*). Le patient se place au sein de l'échancrure, afin d'avoir une partie de miroir devant lui, lui permettant de faire de multiples mouvements en avant. Une autre partie du miroir est derrière le patient, ce qui lui permet de faire de divers mouvements en arrière, dont l'extension de hanche. Afin de maintenir le patient en position debout, un harnais de rail de marche est ajouté, qui lui permet de délester le poids de son corps sur son membre parétique. Au moyens de planches ajoutées au sol, le patient peut aussi être en diverses positions (*semi assise, assise etc*). Des rallonges peuvent être ajoutées au sein de l'échancrure, afin de s'adapter au mieux à la corpulence du patient, pour que le tronc soit au plus proche de la structure (*cf fig.7*).

Une double plate-forme de force type Satel constituée de deux plaques rectangulaires, (21x32cm) montée sur huit capteurs dynamométriques mono-axiaux, avec quatre capteurs par plate-forme (*étendue de mesure 0-150N*) est utilisée pour évaluer les paramètres de stabilométrie.

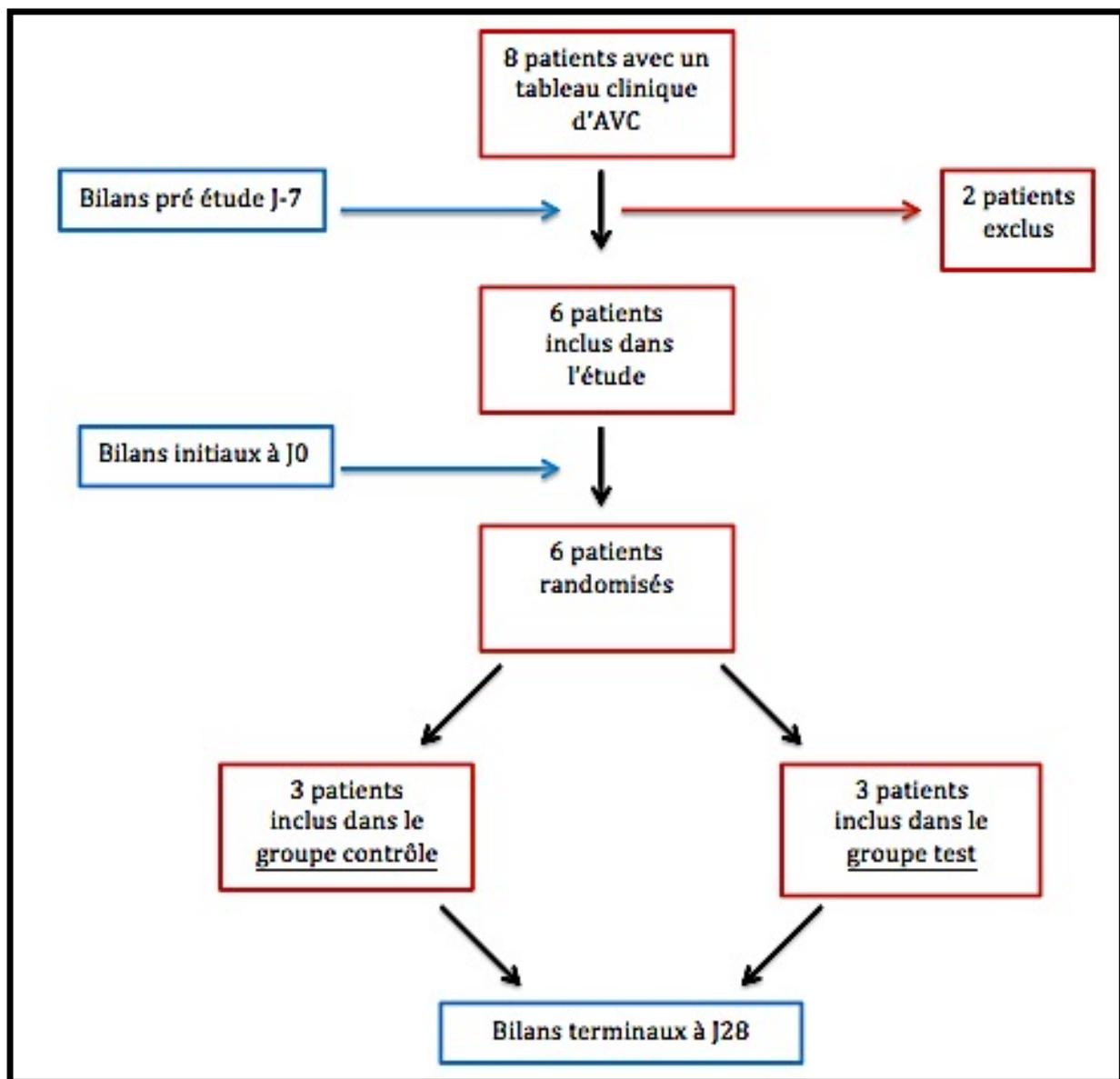


Fig.8 : Diagramme des flux de cette étude de recherche

3.3 METHODE

3.3.1 DONNEES RECUEILLIES

3.3.1.1 ÉVALUATIONS INITIALES ET FINALES

Après recueil du consentement, un examen clinique est effectué, visant à s'assurer du respect des critères d'inclusion et d'exclusion à J-7. Puis un examen clinique sera réalisé au début de l'étude à J0, à la fin de l'étude à J28, afin d'évaluer les effets à court terme. Il est réalisé par une personne différente de l'examineur. L'évaluateur n'a pas connaissance de l'appartenance du patient au groupe test ou au groupe contrôle, il est donc dit « évaluateur aveugle ». Ces dispositions permettent ainsi de supprimer le biais d'évaluation. (Cf fig. 8)

Cet examen clinique comprend : (Cf annexe n°2)

- **Le recueil des informations générales, anamnèse et histoire de la pathologie** : sexe, date de naissance, l'histoire de la maladie (*date de survenue, étiologie de l'AVC, etc.*), les thérapeutiques actuelles éventuelles et l'usage d'appareillage ou d'aides techniques.

- **L'examen clinique médical et fonctionnel par l'évaluation de** : la douleur ; la sensibilité épicrotique ; la statesthésie ; du bilan orthopédique incluant : quantification et réductibilité des positions spontanées : pseudo-scoliose, hélice du bassin, flexum de hanche, recurvatum, équin de cheville, griffe des orteils ; bilan articulaire de la hanche (*flexion, extension, abduction, adduction*), du genou (*flexion, extension*), de la cheville (*flexion dorsale, flexion plantaire, éversion, inversion*), des orteils (*flexion, extension*) ; la motricité ; la spasticité ; la marche ; l'équilibre ; l'indépendance fonctionnelle ; l'état cognitif ; l'hémi-négligence.

- **L'évaluation du contrôle postural** est réalisée via la plateforme de stabilométrie.

3.3.1.2 CRITERES D'EVALUATION

Le critère de jugement principal qui est la motricité du membre inférieur, est évaluée par l'échelle de Held et Pierrot Desseilligny.

Les critères de jugements secondaires, sont la marche évaluée par la FAC modifiée (*Functional Ambulation Classification*), l'équilibre évalué par l'échelle PASS (*Postural Assessment Structural Scale*), la posture évaluée par des paramètres de stabilométrie,

▪ Paramètres d'orientation :

- Moyenne par rapport à l'axe des ordonnées (*Y en mm*) : évaluer si le corps penche en avant.
- Moyenne par rapport à l'axe des abscisses (*X en mm*) : évaluer si le poids sur corps penche sur les côtés.
- Répartition du poids du corps entre le pied hémiparétique et le pied sain.

▪ Paramètres de stabilisation

- La surface en mm² des positions successives du centre de pression podal. Plus la surface est grande et plus l'équilibre du sujet est mauvais.
- Ecart type de la position du centre de pression résultant sur les médio latéraux.

- Ecart type de la position du centre de pression résultant sur les antéro postérieurs.

3.3.2 DEROULEMENT DE L'ETUDE

La réalisation d'un groupe contrôle permet d'écarter le biais de confusion et de réaliser une étude contrôlée. Le double aveugle semble difficile à réaliser en raison des outils utilisés au sein de ce protocole. La séparation de manière aléatoire permet de réaliser une étude randomisée. La population de patients est séparée de manière aléatoire en deux groupes : Groupe 1 dit groupe test et Groupe 2 dit groupe contrôle. La randomisation est réalisée par une fonction aléatoire via le logiciel Excel (Cf. *annexe n°3*). Elle est réalisée par une personne extérieure à cet essai pilote, afin de respecter une assignation secrète.

Les deux groupes suivront une séance de 30 minutes de rééducation dite conventionnelle 5 fois par semaine. De plus, chaque groupe aura une séance supplémentaire d'une durée de 30 minutes par jour de TMI. Ces séances seront réalisées 3 jours par semaine sur une durée de 4 semaines.

Le groupe 1, groupe test, devra effectuer des séries de mouvements avec la structure miroir. Le groupe 2, groupe contrôle, devra effectuer les mêmes séries de mouvements mais du côté non réfléchissant de la structure-miroir. Le groupe contrôle effectuera les mêmes mouvements dans la même position que le groupe test. En effet, le tronc sera dans la même posture ce qui permettra de comparer uniquement l'impact de l'afférence proprioceptive.

L'intérêt de faire bénéficier de la même démarche de traitement aux deux groupes, permettrait dans le cas où les résultats soient significativement différents en faveur du groupe test, d'attester que la TMI en est à l'origine. Ceci permettra d'évaluer si c'est le feedback visuel, crée par le reflet du membre sain dans miroir, qui est potentiellement à l'origine de l'amélioration de la fonction sensorimotrice du membre inférieur.

Le protocole sera séquencé en plusieurs phases, afin de mettre en place une progression dans les mouvements demandés et la position du patient :

- Semaine 1 : position assise avec des mouvements globaux intéressants pour au moins deux articulations du membre inférieur (*le genou et le pieds*), avec la structure-miroir.
- Semaine 2 : position semi-assise avec des mouvements fonctionnels, avec la structure-miroir.
- Semaines 3 et 4 : position verticale avec des mouvements fonctionnels, avec la structure miroir.

Au préalable de chaque série, un **temps pédagogique** est prévu : il consiste à faire réaliser passivement le mouvement attendu par le thérapeute afin que le patient l'intègre bien.

Ensuite, le sujet a pour objectif d'avoir l'intention d'exécuter un mouvement bilatéral de manière symétrique. La consigne donnée au patient est la suivante : « *Essayez de réaliser le mouvement que je suis en train de faire, des deux côtés de façon identiques et ceci malgré votre hémiparésie* ».



Fig.9 : Mouvement n°1



Fig.10 : Mouvement n°2



Fig.11 : Mouvement n°2



Fig.12 : Mouvement n°3



Fig.13 : Mouvement n°3

La réalisation d'un mouvement synchrone, y compris du côté atteint, n'est souvent que partielle, voire impossible. Le schéma de coordination bilatérale aurait un rôle à jouer, notamment par la levée de l'inhibition exercée par l'hémisphère sain sur l'hémisphère lésé et par la création de l'illusion d'une synchronisation bilatérale quasi-parfaite.

Il est primordial que le patient observe le reflet du membre sain dans le miroir, la concentration est donc un paramètre majeur de cette thérapie. Le patient doit donc porter son attention sur le reflet du miroir. Afin de renforcer cette attention le patient doit avoir compris en amont l'intérêt de cette TMI.

Chaque mouvement est divisé en trois étapes :

- **Temps expiratoire** : le sujet réalise le mouvement qui dure 2 secondes
- **Temps inspiratoire** : retour à la position de référence qui se fait en 1 seconde
- **Temps de repos** : de 3 secondes en position de départ

Chaque mouvement est répété 10 fois constituant une série. Chaque série est répétée deux fois, séparée par un temps de repos d'une minute. La justification des différents mouvements de ce protocole est présentée en annexe n°4.

3.3.2.1 PREMIERE SEMAINE DU PROTOCOLE

Au cours de cette semaine, le patient est en position assise, c'est-à-dire que la flexion de hanche est à 90°. Le patient est installé au niveau de la structure miroir. L'échancrure de la structure est adaptée à la morphologie du patient avec les différentes rallonges. Les mouvements n°1, n°2, n°3 et n°4 sont relatifs à la phase d'appui du cycle de la marche, alors que les autres mouvements sont relatifs à la phase oscillante.

Mouvement n°1 :

- **Position de départ** : Hanche à 90° de flexion, genou en flexion de 5° (*quasi extension*), talon posé au sol.
- **Mouvement** : Réaliser une triple flexion de cheville, genou et hanche.
- **Position d'arrivée** : Idem à la position de départ. (*Cf fig. 9*)

Mouvement n°2 :

- **Position de départ** : Hanche à 90° de flexion, genou en extension, talon posé au sol.
- **Mouvement** : Soulever le pied, tendre le genou pour attaquer le sol par le talon et contrôler la pause du pied.
- **Position d'arrivée** : Idem à la position de départ. (*Cf fig.10 et 11*)

Mouvement n°3 :

- **Position de départ** : Hanche à 90° de flexion, genou en extension, pied au sol.
- **Mouvement** : Réaliser une flexion de genou au delà de 90° en gardant le pied au sol.
- **Position d'arrivée** : Hanche à 90° de flexion, genou en flexion de 90° minimum, pied au sol. (*Cf fig. 12 et 13*)



Fig.14 : Mouvement n°5



Fig.15 : Mouvement n°5



Fig.16: Mouvement n°6

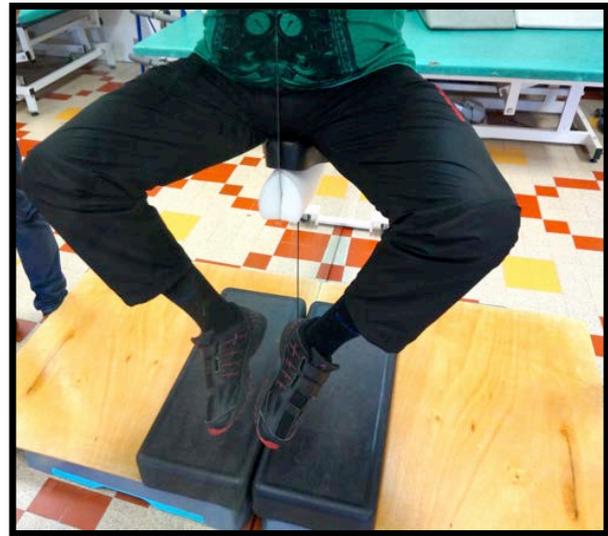


Fig.17 : Mouvement n°6

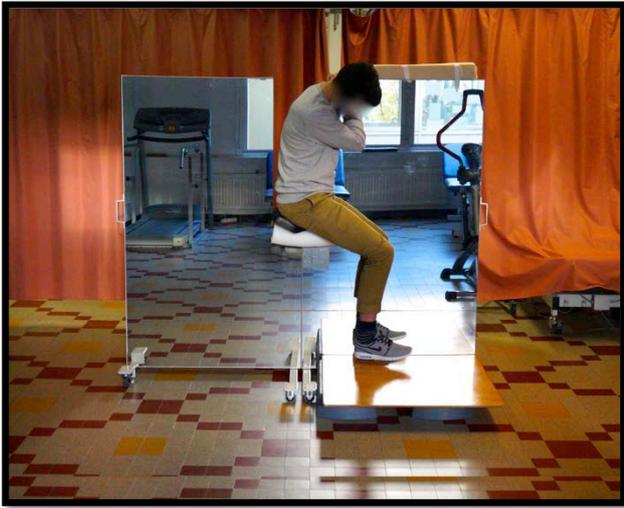


Fig.18 : Mouvement n°1



Fig.19 : Mouvement n°1



Fig.20: Mouvement n°2

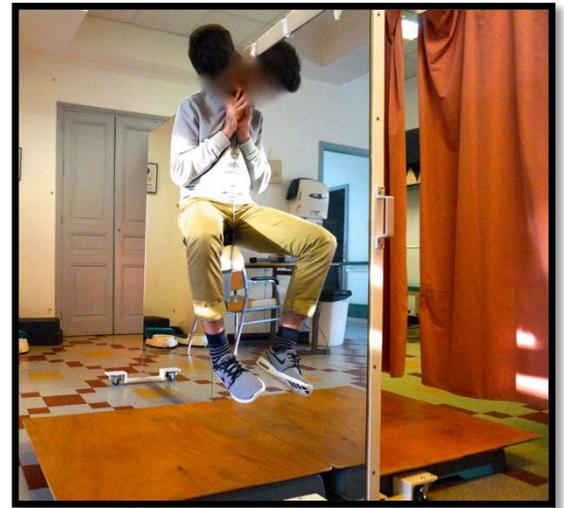


Fig.21: Mouvement n°2



Fig.22: Mouvement n°3



Fig.23: Mouvement n°3

Mouvement n°4 :

- **Position de départ :** Hanche à 90° de flexion, genou à 90° de flexion, pied posé au sol.
- **Mouvement :** Soulever et avancer le pied vers l'avant, puis revenir à la position départ, enfin soulever et reculer le pied.
- **Position d'arrivée :** Hanche à 60° de flexion, genou à 90° genou en flexion, pointe de pied au sol.

Mouvement n°5 :

- **Position de départ :** Hanche à 90° de flexion, genou en extension, talon posé au sol.
- **Mouvement :** Soulever le pied, afin de réaliser un mouvement de dorsiflexion de l'articulation talo- crurale et flexion plantaire.
- **Position d'arrivée :** Idem à la position de départ. (Cf fig.14 et 15)

Mouvement n°6 :

- **Position de départ :** Hanche à 90° de flexion, en abduction, rotation interne, flexion de genou et cheville en position spontanée.
- **Position d'arrivée :** Hanche à 90° de flexion, en adduction, rotation externe, flexion de genou et cheville en position spontanée. (Cf fig.16 et 17)

3.3.2.2 DEUXIEME SEMAINE DU PROTOCOLE

Afin de progresser en difficulté, à ce stade du protocole, le patient est en position semi-assise sur un plan élevé, avec une flexion de hanche à 50°, l'objectif étant par la suite d'arriver à la position debout. Les mouvements n°1 et n°3 sont relatifs à la phase d'appui du cycle de la marche, les mouvements n°2 et n°4 concernant la phase d'oscillation du cycle de la marche et les mouvements n°5 et n°6 permettent de travailler les activités supérieures de la marche.

Mouvement n°1 :

Idem au mouvement n° 2 de la première semaine du protocole (Cf fig.18 et 19)

Mouvement n°2 :

- **Position de départ :** Hanche à 50° de flexion, en abduction, genou en extension, cheville en flexion dorsale et éversion.
- **Position d'arrivée :** Hanche à 50° de flexion, en adduction, genou en extension, cheville en flexion plantaire et inversion. (Cf fig.20 et 21)

Mouvement n°3 :

- **Position de départ :** Placer un ballon sous le pied du membre inférieur sain. Hanche à 50° de flexion, genou à 90° de flexion, cheville en flexion dorsale.
- **Mouvement :** Avancer le ballon vers l'avant afin de réaliser une extension de genou, flexion plantaire de cheville. Puis, ramener le ballon vers l'arrière.
- **Position d'arrivée :** Idem à la position de départ. (Cf fig.22 et 23)

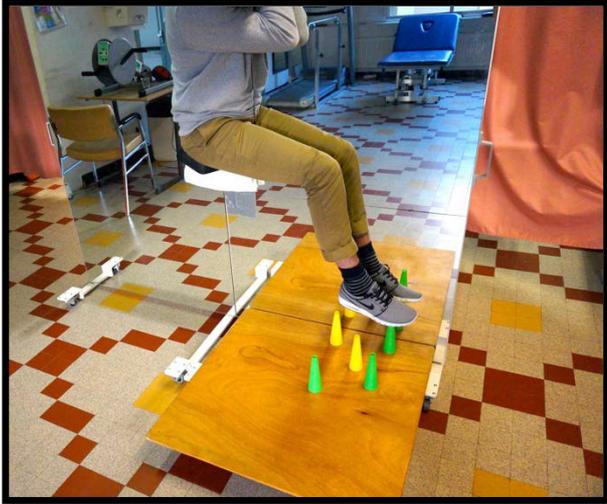


Fig.24: Mouvement n°4

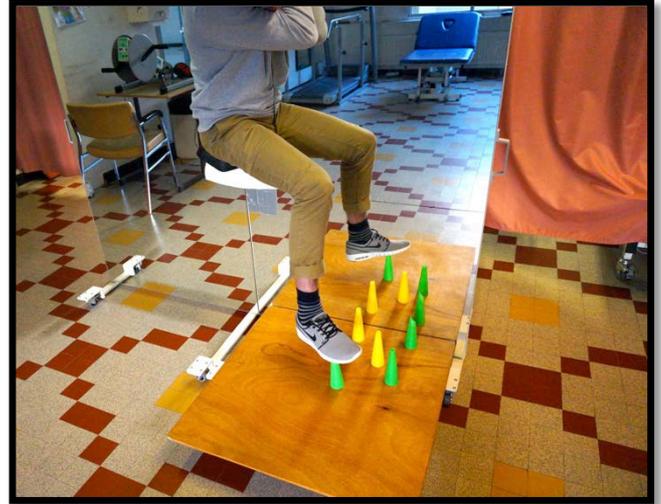


Fig.25: Mouvement n°4

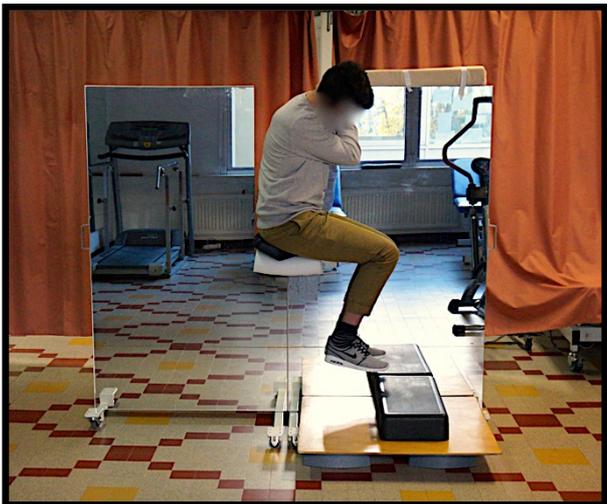


Fig.26: Mouvement n°5



Fig.27: Mouvement n°5



Fig.28: Mouvement n°6



Fig.29: Mouvement n°6



Fig.30: Mouvement n°1



Fig.31: Mouvement n°1



Fig.32: Mouvement n°2

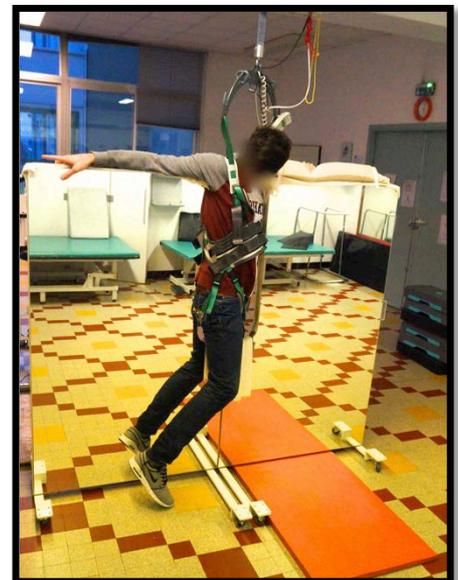


Fig.33: Mouvement n°2

Mouvement n°4 :

- **Position de départ :** Membre inférieur en position spontanée. Placer plusieurs plots de différentes couleurs autour du membre inférieur. Des plots d'une couleur identique (*exemple photo en jaune*) décrivant une courbe retraçant 3 positions différentes d'abduction et de flexion de hanche.
- **Mouvement :** Demander au patient de venir toucher les 3 plots de la même couleur avec l'extrémité de l'hallux sain.
- **Position d'arrivée :** Idem à la position de départ. (*Cf fig.24 et 25*)

Mouvement n°5 :

- **Position de départ :** Placer un « step » devant le membre inférieur sain. Hanche à 50° de flexion, genou en extension, pied posé au sol.
- **Mouvement :** Poser le pied du membre inférieur sain sur le « step ». Puis redescendre le « step ».
- **Position d'arrivée :** Idem à la position de départ.
Le pied parétique est positionné sur un « step » afin qu'il soit à la même hauteur que le membre inférieur sain. (*Cf fig.26 et 27*)

Mouvement n°6 :

- **Position de départ :** Position semi-assise sur le plan surélevé.
- **Mouvement :** Réaliser un squat durant 3 sec, le patient devant essayer de répartir équitablement le poids de son corps entre ses deux membres inférieurs.
- **Position d'arrivée :** Idem à la position de départ. (*Cf fig.28 et 29*)

3.3.2.3 TROISIEME SEMAINE DU PROTOCOLE

A ce stade du protocole, le patient est maintenant en position debout. Un baudrier issu d'un rail de marche est installé, afin de délester le poids du corps du patient, pour permettre la mobilisation de son membre sain.

Mouvement n°1 :

Idem au mouvement n° 2 de la première semaine du protocole. (*Cf fig.30 et 31*)

Mouvement n°2 :

- **Position de départ :** Hanche en position neutre, genou à 5 ° de flexion (quasi extension), pied posé au sol.
- **Mouvement :** Soulever le pied, réaliser une extension de hanche, extension de genou et amener le membre inférieur vers l'arrière, afin de réaliser la phase de propulsion.
- **Position d'arrivée :** Position de départ. (*Cf fig.32 et 33*)



Fig.34: Mouvement n°4



Fig.35: Mouvement n°4



Fig.36: Mouvement n°5



Fig.37: Mouvement n°5



Fig.38: Mouvement n°5



Fig.39: Mouvement n°5



Fig.40: Mouvement n°6

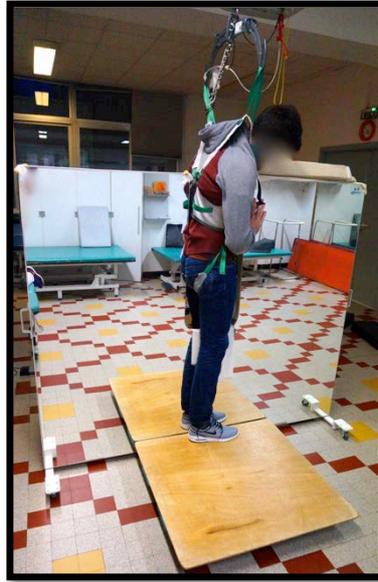


Fig.41: Mouvement n°6

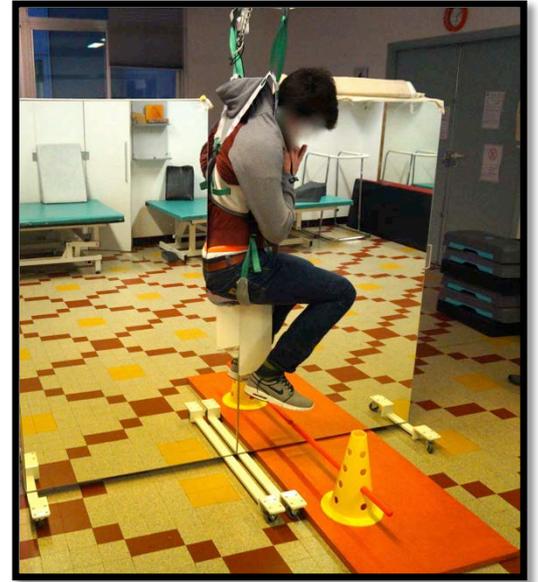


Fig.42: Mouvement n°3



Fig.43: Mouvement n°3

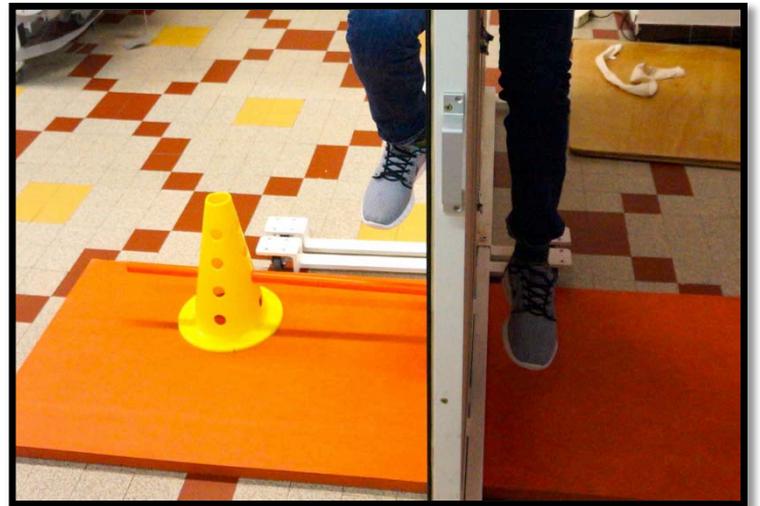


Fig.44: Mouvement n°3



Fig.45: Mouvement n°6

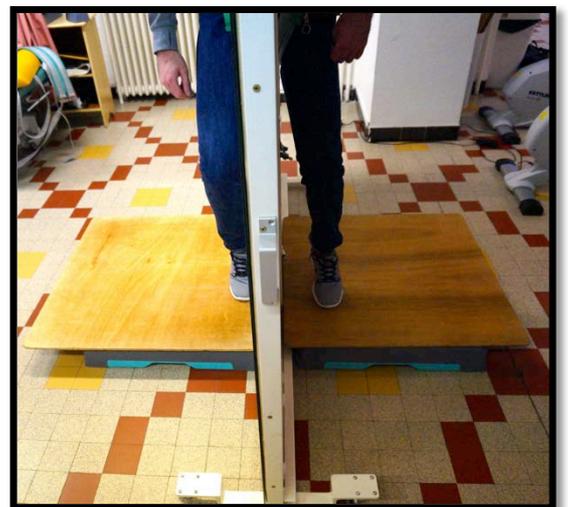


Fig.46: Mouvement n°6

Mouvement n°3 :

- **Position de départ :** Placer un ballon face au membre inférieur. Le MI est en position spontanée.
- **Mouvement :** Demander au patient de shooter dans le ballon pour le faire avancer vers l'avant.
- **Position d'arrivée :** Idem à la position de départ.

Mouvement n°4 :

- **Position de départ :** Membre inférieur en position spontanée. Placer plusieurs plots de différentes couleurs autour du membre inférieur. Des plots d'une couleur identique (exemple photo en vert) décrivant une courbe retraçant 3 positions différentes d'abduction et de flexion de hanche.
- **Mouvement :** Demander au patient de venir toucher les 3 plots de la même couleur selon différentes positions :
 - Position 1 : Venir toucher le 1er plot avec son talon
 - Position 2 : Venir toucher le 2nd plot avec la plante du pied
 - Position 3 : Venir toucher le 3ème plot avec son talon
- **Position d'arrivée :** Idem à la position de départ. (Cf fig.34 et 35)

Mouvement n°5 :

- **Position de départ :** Placer un « step » devant le membre inférieur sain. Hanche en position neutre, genou en extension, pied posé au sol.
- **Mouvement :** Poser le pied du membre inférieur sain sur le « step ». Puis redescendre.
- **Position d'arrivée :** Idem à la position de départ. (Cf fig.36, 37, 38 et 39)

Mouvement n°6 :

- **Position de départ :** Position spontanée debout.
- **Mouvement :** Réaliser un squat durant 3 sec, le patient devant essayer de répartir équitablement le poids de son corps entre ses deux membres inférieurs.
- **Position d'arrivée :** Idem à la position de départ. (Cf fig.40 et 41)

3.3.2.4 QUATRIEME SEMAINE DU PROTOCOLE

A ce stade du protocole, le patient est en position debout. Un baudrier issu d'un rail de marche est installé, afin de délester le poids du corps du patient, pour permettre la mobilisation de son membre sain.

Le patient est installé au niveau de la structure miroir. L'échancrure de la structure est adaptée à la morphologie du patient avec les différentes rallonges. Les exercices que le patient doit effectuer ont augmenté en termes de difficulté et d'intensité et s'inscrivent essentiellement dans les activités supérieures de la marche.

Mouvement n°1 :

- **Position de départ** : Hanche en position neutre, genou à 5 ° de flexion (*quasi extension*), pointe de pied au sol.
- **Mouvement** : Soulever le pied, réaliser une flexion de genou et amener le membre inférieur vers l'avant, afin de réaliser la phase d'attaque du talon au sol.
- **Position d'arrivée** : Position de départ.

Mouvement n°2 :

- **Position de départ** : Hanche en position neutre, genou à 5 ° de flexion (*quasi extension*), pied posé au sol.
- **Mouvement** : Soulever le pied, réaliser une extension de hanche, extension de genou et amener le membre inférieur vers l'arrière, afin de réaliser la phase de propulsion. Le pied doit dépasser un obstacle placé auparavant par le thérapeute.
- **Position d'arrivée** : Position de départ.

Mouvement n°3 :

- **Position de départ** : Hanche en position neutre, genou à 5° de flexion (*quasi extension*), pied posé au sol.
- **Mouvement** : Dépasser l'obstacle déposé au sol.
- **Position d'arrivée** : Position de départ. (*Cf fig. 42, 43 et 44*)

Mouvement n°4 :

Idem au mouvement n°4 de la troisième semaine du protocole

Mouvement n°5 :

Idem au mouvement n°5 de la troisième semaine du protocole

Mouvement n°6 :

- **Position de départ** : Hanche en position neutre, genou à 5° de flexion (*quasi extension*), pied posé au sol.
- **Mouvement** : Réaliser une flexion plantaire, afin d'être sur la pointe de pied et remonter votre buste. Puis revenir à la position de départ.
- **Position d'arrivée** : Idem à la position de départ. (*Cf fig.45 et 46*)

3.3.3 ANALYSE DES DONNEES

3.3.3.1 HOMOGENEITE DE L'ECHANTILLON

Afin de vérifier l'homogénéité de l'échantillon, une comparaison des données de départ entre le groupe test et le groupe contrôle, sera réalisée avec un test statistique de comparaison de moyenne pour deux échantillons indépendants via le test statistique de Student ($n < 30$). Cette analyse de données portera sur le sexe, le type d'AVC (*ischémique ou hémorragique*), le temps depuis l'AVC (*en jours*), la latéralité de l'AVC (*droit ou gauche*), le temps de

Tab.3 : Comparabilité du groupe test

Sexe	Âge	Type d'AVC	Siège de l'AVC	Délai post AVC (en mois)	Temps de rééducation/semaine (en min)
Masculin	57	Hémorragique	Gauche	5	510
Féminin	61	Hémorragique	Gauche	3	560
Masculin	22	Hémorragique	Droit	24	420
Total	46,67			10,66666667	496,6666667
Écart-type	21,46			11,59022577	70,94598885

Tab.4 : Comparabilité du groupe contrôle

Sexe	Âge	Type d'AVC	Siège de l'AVC	Délai post AVC (en mois)	Temps de rééducation/semaine (en min)
Féminin	52	Hémorragique	Gauche	1	57
Féminin	44	Hémorragique	Gauche	36	54
Féminin	40	Hémorragique	Gauche	1	57
Total	45,33			9,5	56
Écart-type	6,11			20,20725942	17,3205080

rééducation conventionnelle par semaine (*en minutes*). Les données concernant le critère de jugement principal et les critères de jugement secondaires seront aussi analysés de la même manière. Le risque alpha sera fixé conventionnellement à 5%.

3.3.3.2 ANALYSE DES RESULTATS

Une fois que l'homogénéité de l'échantillon sera vérifiée, une comparaison de moyenne sera effectuée concernant l'évolution du critère de jugement principal et des critères de jugement secondaires entre le groupe test et le groupe contrôle, en utilisant le test statistique de comparaison de moyenne pour deux échantillons indépendants soit Student ($n < 30$). Le risque alpha sera fixé conventionnellement à 5%.

IV. RÉSULTATS

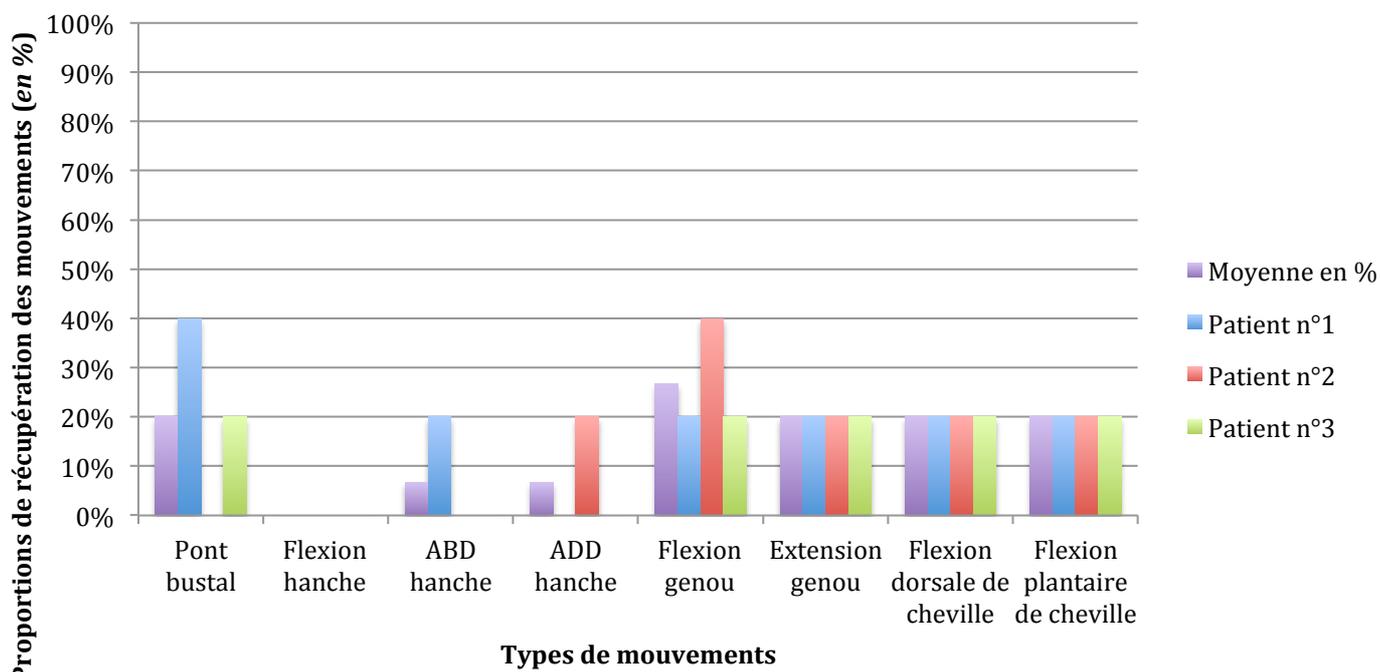
4.1 COMPARABILITE DE L'ECHANTILLON

L'échantillon de cet essai pilote n'est composé que de 6 sujets ainsi il est impossible de réaliser le test statistique décrit ci-dessus (*Voir partie 3.3.3.1*).

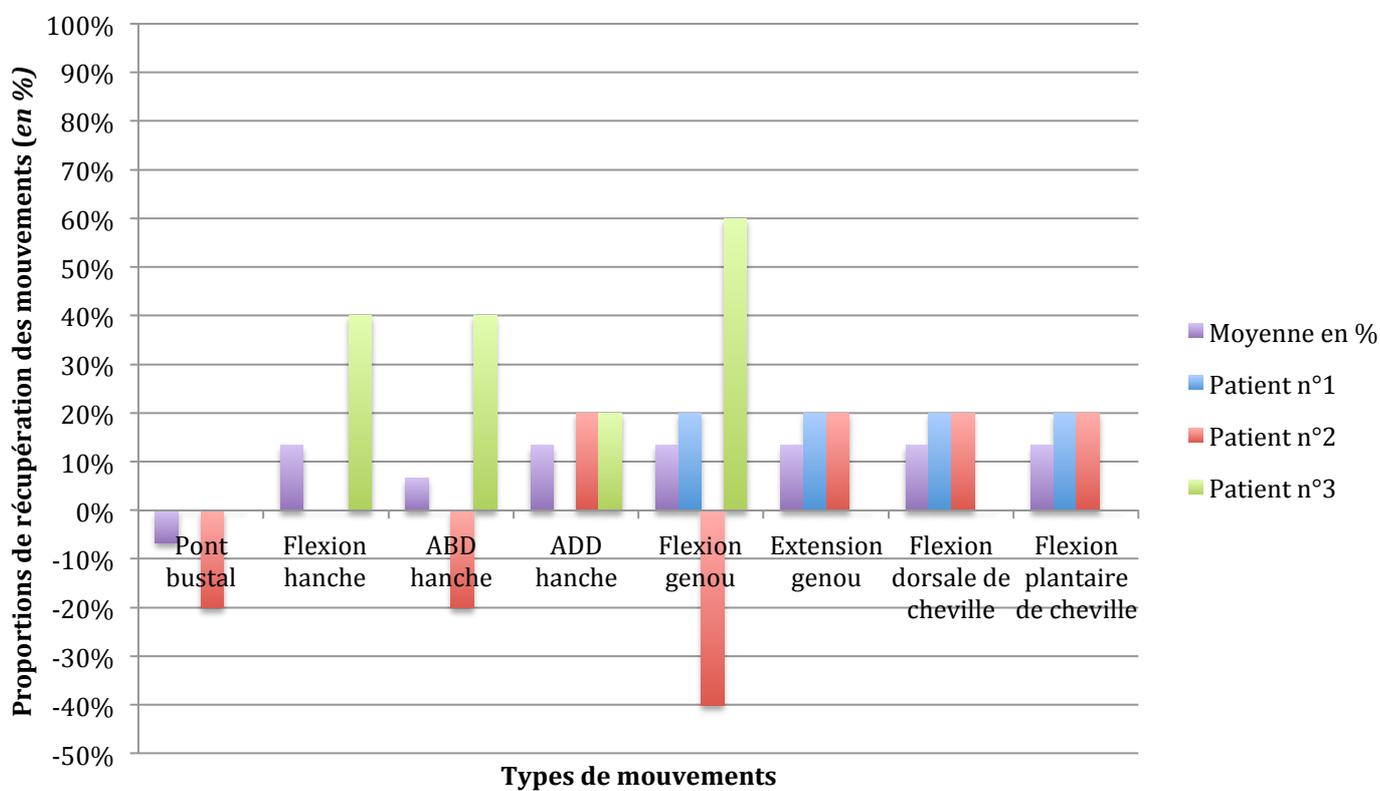
Les tableaux n°3 et n°4 démontrent que le groupe test est composé de 3 sujets dont 2 sont masculins, alors que le groupe contrôle est composé de 3 sujets exclusivement féminins. La moyenne d'âge du groupe test est de 46,67 ans et celle du groupe contrôle de 45,33 ce qui semblerait relativement semblable. Cependant, il est à noter que dans le groupe test un patient est âgé de 22 ans, ce qui est en dehors de l'échelle d'âge fixé dans les critères d'inclusions, c'est pourquoi l'écart-type de la moyenne d'âge du groupe test est de 21,46 ans, et celle du groupe contrôle de 6,11ans. Etant donné la petitesse de l'échantillon, ce patient a tout de même été inclus dans l'essai pilote. L'ensemble des sujets de cette étude sont droitiers, ils ont été victimes du même type d'AVC, à savoir hémorragique, et dans 5 cas sur 6 celui-ci siège dans l'hémisphère gauche, ce qui augmente la comparabilité. Concernant le délai post-AVC (*en mois*), les sujets du groupe test ont une moyenne de 10,6 mois et les sujets du groupe contrôle ont une moyenne de 9,5 mois. Deux sujets sur trois, aussi bien dans le groupe test que dans le groupe contrôle sont en phase subaiguë post-AVC (*HAS, rapport 2012*). Il est à noter que 2 sujets, issus du groupe test et du groupe contrôle, sont à la phase chronique post-AVC. Concernant le temps de rééducation/semaine, le groupe test a une moyenne de 496,67 min et le groupe contrôle a une moyenne de 560min.

Il est ainsi possible de conclure que les deux échantillons ne sont pas pleinement comparables aux vues des différences concernant le délai post-AVC et le temps de rééducation/semaine. Les résultats seront alors à analyser avec un recul critique majeur.

**Graphique n°1: Evolution de la récupération de la motricité
Groupe test**



**Graphique n°2: Evolution de la récupération de la motricité
Groupe contrôle**



4.2 PRESENTATION DES RESULTATS

Pour comparer le niveau de récupération sensitivomotrice entre le groupe témoin et le groupe test, un calcul des différences (*delta*) entre les valeurs des cotations a tout d'abord été réalisé selon l'échelle d'Held Pierrot Desseiligny, avant et après l'étude. Puis ce delta (= *valeur post-test – valeur pré-test*) a été traduit en pourcentage. Enfin un pourcentage moyen par mouvement est calculé pour chacun des groupes.

4.2.1 LA MOTRICITE

4.2.1.1 GROUPE TEST : RESULTATS ANALYTIQUES

Le graphique n°1 montre une évolution positive de la motricité du membre inférieur pour les 3 patients du groupe test. Cette évolution moyenne est constante et de même valeur, de l'ordre de 20% pour les mouvements des articulations du genou et de la cheville.

Par contre, concernant l'articulation de la hanche les gains sont inconstants. Seul le patient n°1 montre une évolution positive pour l'abduction de 20% et le patient n°2 pour l'adduction de 20%. A propos du mouvement de pont bustal, les patients n°1 et n°3 ont une évolution positive, respectivement de 40% et de 20%.

4.2.1.2 GROUPE CONTROLE : RESULTATS ANALYTIQUES

Le graphique n°2 démontre que la moyenne pour la flexion de genou est de 13%. Les patients n° 1 et 3 ont des évolutions positives de la fonction en question respectivement de 20% et de 60%, alors que le patient n°2 a une évolution moyenne négative de -40%.

Les patients n°1 et n°2 ont une évolution de la fonction étudiée positive de 13% pour les mouvements d'extension de genou et de flexions dorsale et plantaire de cheville. Le patient n°3 lui ne montre pas d'évolution de cette fonction pour ces mêmes mouvements.

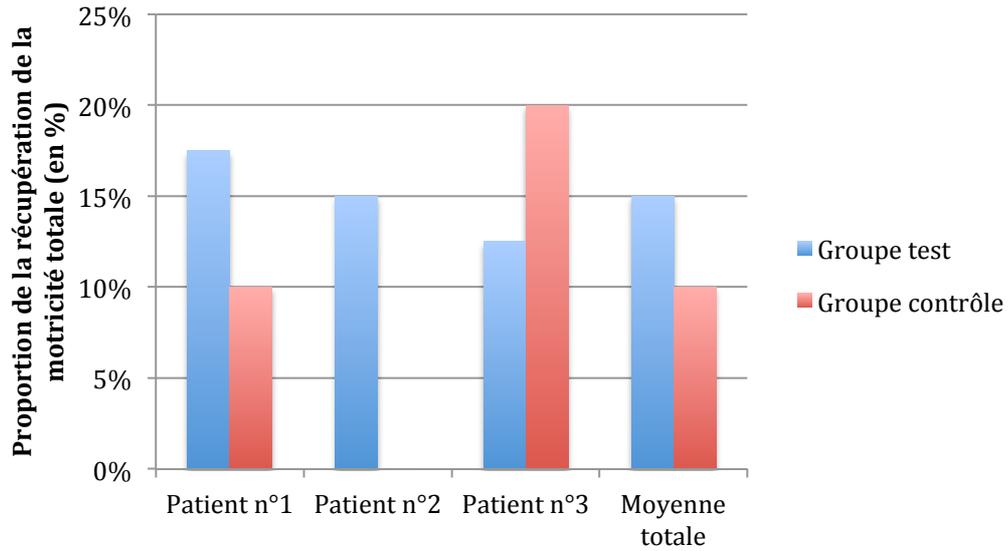
Concernant le mouvement de pont bustal, la moyenne est de -8% et le patient n°2 a une évolution négative de -20%.

A propos des mouvements de hanche, la moyenne est de 13% pour la flexion de hanche et seul le patient n°3 montre une évolution positive de 40%. Concernant le mouvement d'abduction de hanche, l'évolution moyenne est de 8% s'expliquant par le fait que le patient n°3 progresse de 40% et que le patient n°2 montre une évolution négative de -20%. La moyenne pour le mouvement d'adduction de hanche est positive de 13%, les patients n°2 et n°3 montrent une évolution positive de 20%.

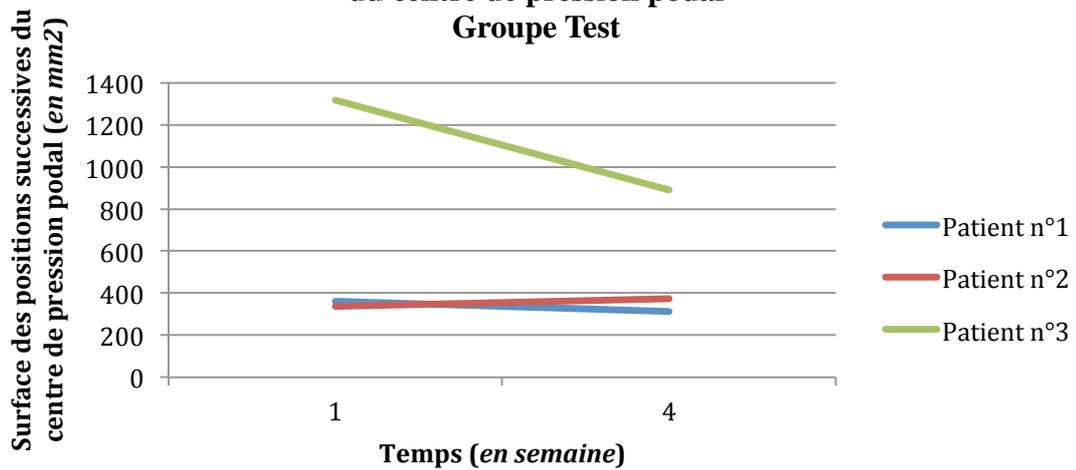
4.1.2.3 COMPARAISON DES EVOLUTIONS MOYENNES GLOBALES

Après avoir analysé de manière descriptive l'évolution de la fonction sensorimotrice pour les différents mouvements, il est intéressant d'observer l'évolution moyenne globale de la fonction entre les groupes test et contrôle.

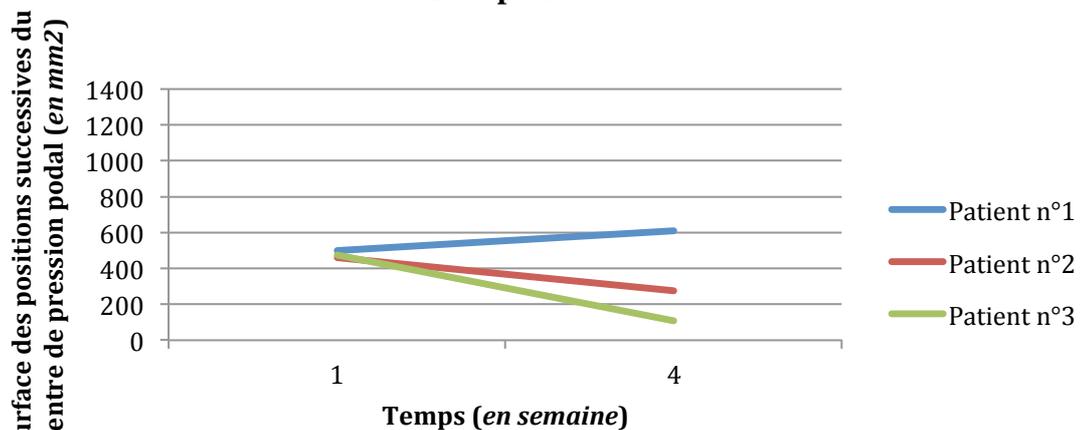
**Graphique n°3: Evolution de la récupération de la motricité
Comparaison groupes test et contrôle**



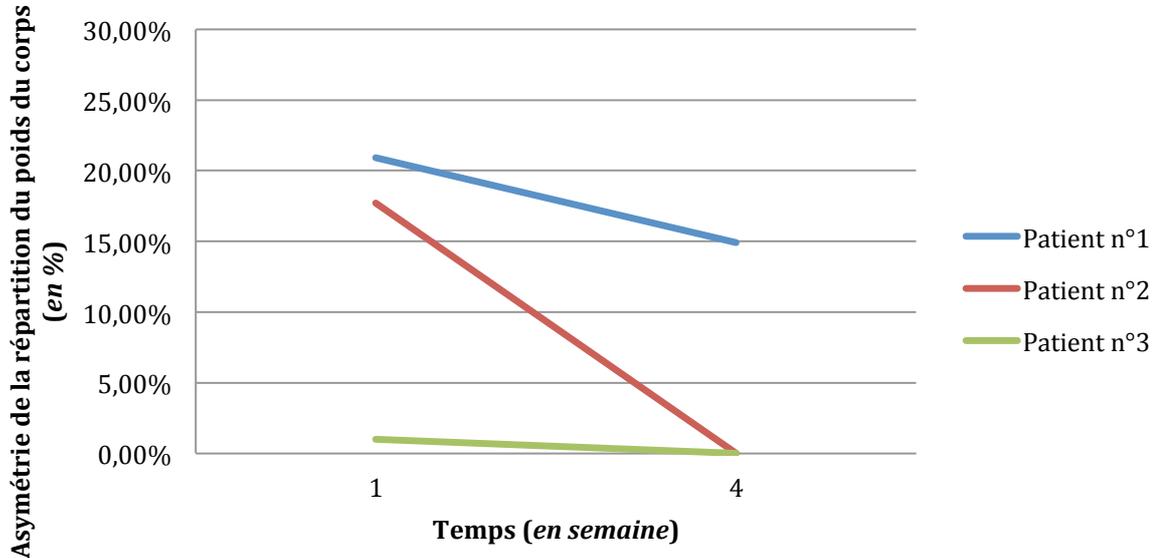
**Graphique n°4: Evolution de la surface des positions successives
du centre de pression podal
Groupe Test**



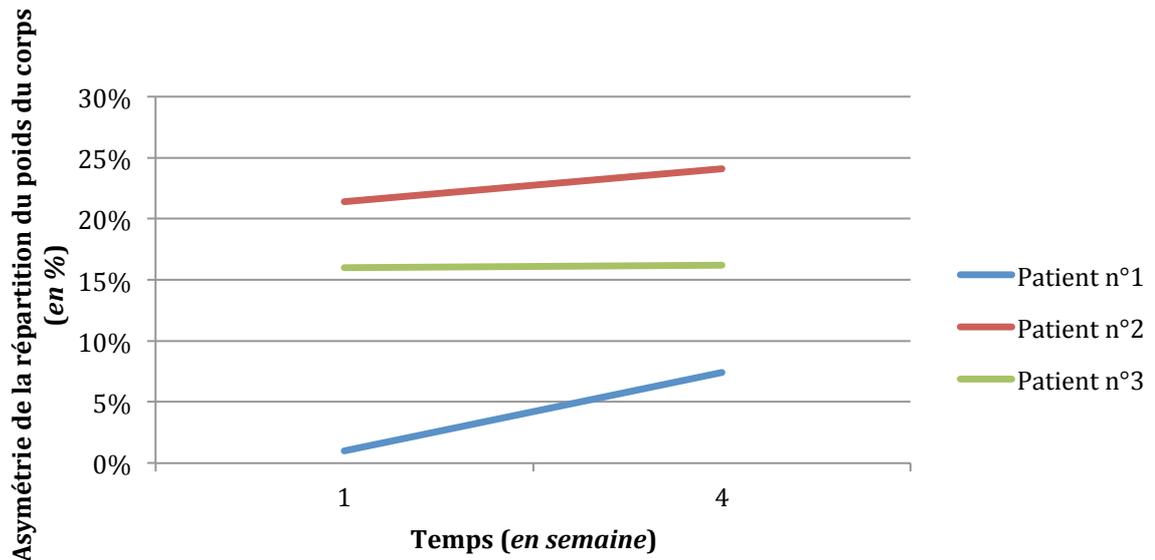
**Graphique n°5: Evolution de la surface des positions successives
du centre de pression podal
Groupe Contrôle**



**Graphique n°6: Evolution de l'asymétrie de la répartition du poids du corps
du corps
Groupe Test**



**Graphique n°7: Evolution de l'asymétrie de la répartition du poids du corps
du corps
Groupe Contrôle**



Le graphique n°3 démontre que tous les patients du groupe test voient leur motricité évoluer positivement d'au moins de 13%, et jusqu'à 18%, ce qui fait une moyenne totale de 15% d'évolution.

Dans le groupe contrôle, seuls les patients n°1 et n°2 montrent une évolution positive de la motricité, de 10% pour le patient n°1 et de 20% pour le patient n°3. La moyenne totale n'est alors que de 10% d'évolution.

4.2.2 L'EQUILIBRE

D'après l'annexe n°5, les patients du groupe test n'ont pas montré d'évolution positive concernant l'équilibre. Alors qu'il est possible d'observer dans le groupe contrôle une évolution de 2/36 points sur l'échelle de la PASS chez les patients n°1 et n°3.

4.2.3 LA MARCHE

D'après l'annexe n°5, il est possible de constater que seul le patient n°1 du groupe test a une évolution positive de la marche de 1/8 points sur l'échelle de la FAC. Alors que dans le groupe contrôle, les patients n°1 et n°2 ont une évolution de ce critère de 2/8 points.

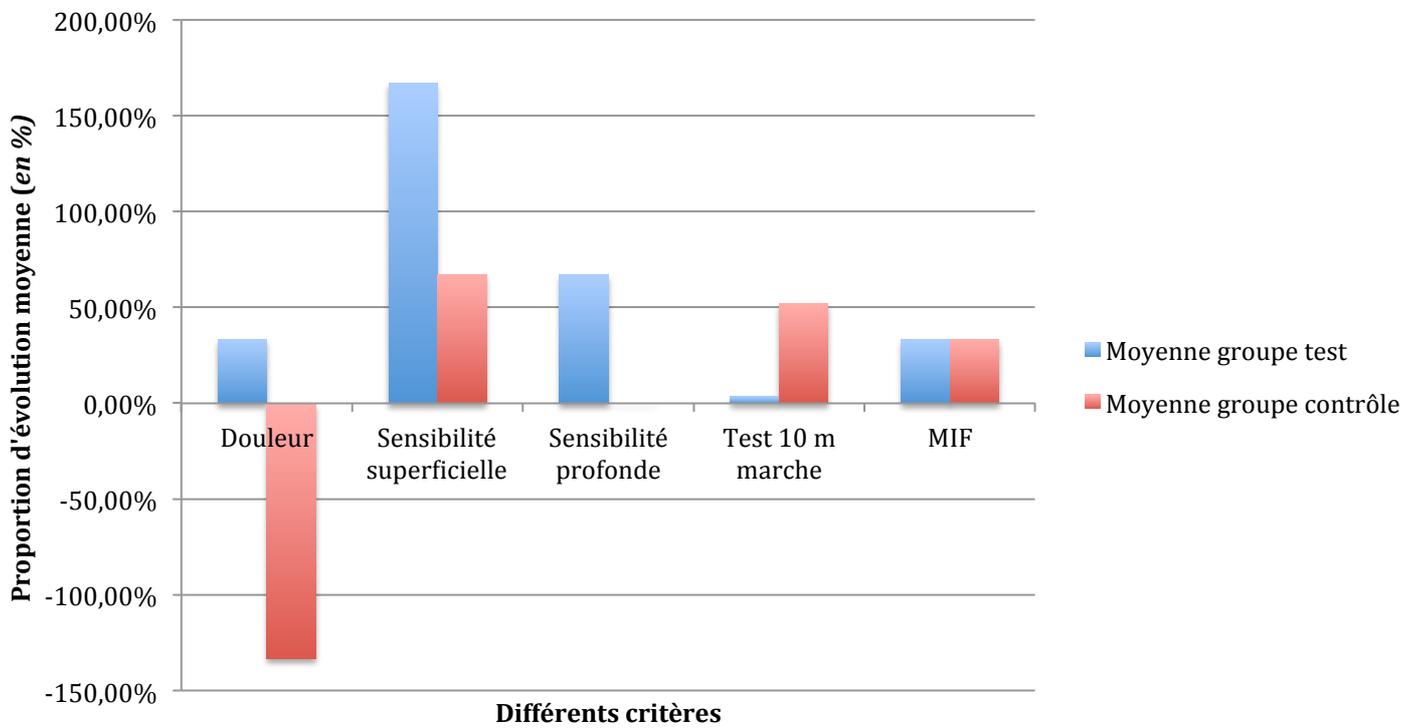
4.2.4 LA POSTURE

Deux paramètres classiques de stabilométrie ont été retenus.

D'une part, le paramètre de surface des positions successives du centre de pression podal est un bon paramètre de la récupération chez le patient hémiparétique (*Boudrahem et al., 2009*). Le graphique n°4, montre que les patients n°1 et n°3 du groupe test ont une diminution de cette surface à l'issue de cette étude, respectivement de 50,5 mm² et de 427,9 mm². Seul le patient n°2 montre une augmentation de 36,5 mm². Le graphique n°5 relate que les patients n°2 et n°3 du groupe contrôle ont une diminution de cette surface à l'issue de cette étude, respectivement de 185,9 mm² et de 367 mm². Seul le patient n°1 montre une évolution positive de 110,2 mm².

D'autre part, l'asymétrie de la répartition du poids du corps entre les deux pieds en pourcentage semble être un paramètre intéressant pour refléter la récupération chez les patients hémiparétique. Le graphique n°6 rapporte que l'ensemble des patients du groupe test possèdent une diminution de ce paramètre, respectivement de 6% pour le patient n°1, de 17,7% pour le patient n°2 et de 1% pour le patient n°3. Le graphique n°7 montre que les patients n°1 et n°2 du groupe contrôle possèdent une augmentation de ce paramètre, respectivement de 6% et de 3%. Le patient n°3 n'a pas d'évolution de ce paramètre après cette étude.

**Graphique n°8: Evolution des critères additionnels
Comparaison groupes test et contrôle**



4.2.5 CRITERES ADDITIONNELS

Le graphique n°8 présente une évolution des autres critères que ceux correspondant aux critères de jugement principal et secondaires. Effectivement, on observe une évolution moyenne positive concernant la douleur de 33,33% pour le groupe test. Au contraire, l'évolution moyenne est négative de -133% pour ce même critère dans le groupe contrôle.

Ce graphique montre que l'évolution moyenne de la sensibilité superficielle est positive pour les deux groupes. Elle est de 167% pour le groupe test et de 67% pour le groupe contrôle. Cette figure relate que seul le groupe test progresse, avec une évolution moyenne positive de la sensibilité profonde de l'ordre de 67%. Les deux groupes ont une évolution moyenne positive de la vitesse de marche avec le test de 10m. Le groupe contrôle a une évolution moyenne positive de 52% alors que le groupe test lui en a une de 3,7%. Enfin, on constate que l'évolution moyenne de la MIF est positive et équivalente au sein des deux groupes de l'ordre de 33%.

4.3 ANALYSE DES RESULTATS

L'équipe de Sütbeyaz (*Sütbeyaz et al., 2007*), a montré des évolutions significatives pour la motricité avec l'échelle de Brunnstrom Stages et pour l'indépendance fonctionnelle avec l'échelle de MIF. Cependant, il n'y a pas eu d'évolutions significatives concernant la marche avec l'échelle de la FAC et de la spasticité avec l'échelle de la MAS. L'équipe de Mohan (*Mohan et al., 2013*), a constaté des évolutions significatives pour la motricité avec l'échelle de FMA, l'équilibre avec l'échelle de BBA et la marche avec l'échelle de la FAC. Cependant il n'y a pas eu d'évolution significative concernant la spasticité. L'équipe de Choi (*Choi et al., 2015*), a observé des évolutions significatives pour la force musculaire des extenseurs de hanche, de la marche avec le test de 10m et de la montée des escaliers. L'équipe de Kim (*Kim et al., 2016*), a observé une amélioration de la posture via un index d'équilibre qui se rapprocherai de la surface des positions successives du centre de pression podal.

Ainsi dans cette étude pilote, il y a eu une évolution positive de la motricité comme dans l'étude de l'équipe Sütbeyaz et dans l'étude de l'équipe deMohan. De plus il y a eu une évolution positive moyenne de l'indépendance fonctionnelle avec l'échelle de la MIF, ce qui est aussi retrouvé au sein de l'étude de Sütbeyaz et al., 2007. Enfin, il y a eu une légère évolution positive de la vitesse de marche via le test de 10m ce qui est en accord avec les résultats de l'étude de Choi et al., 2015.

Cependant au sein de cette étude pilote, il n'y a pas eu d'évolution moyenne positive concernant la marche avec l'échelle de la FAC modifiée ce qui diffère avec les résultats significatifs de l'étude de Sütbeyaz et al., 2007. De plus, il n'y a pas eu d'évolution moyenne positive concernant l'équilibre. Au contraire, les équipes de Sütbeyaz et de Mohan ont démontré des évolutions moyennes positives significatives concernant ce dernier critère. Il

n'y a pas eu d'évolution positive marquée de la surface des positions successives du centre de pression podal en faveur du groupe test ce qui diffère avec les résultats de l'équipe de Kim.

V. DISCUSSION

5.1 ANALYSE SUBJECTIVE DES RESULTATS

Initialement, le groupe contrôle avait une moyenne de temps de rééducation conventionnelle plus importante que celle du groupe test. Cette différence aurait pu majorer l'évolution de la motricité du membre inférieur en faveur du groupe contrôle mais ce n'est pas le cas ceci permettrait d'argumenter que la TMi pourrait être efficace pour la récupération sensorimotrice. Cette différence pourrait aussi permettre d'expliquer le fait que le groupe contrôle montre une évolution moyenne de la qualité de la marche plus importante que le groupe test. Effectivement, il est plausible que le groupe contrôle eût accès à un temps de rééducation conventionnelle plus important et principalement axé sur la récupération de la marche.

Le patient n°2 issu du groupe test était âgé de 22 ans au début de l'étude. Le fait qu'il soit plus jeune que les autres patients peut constituer un biais et altérer la comparabilité de l'échantillon. Cependant, à la fin de l'étude, il est mentionné que ce patient obtint une évolution moyenne de la motricité équivalente à celle des autres patients du groupe test. Ainsi sur ce point, et à posteriori, l'échantillon pourrait-il être considéré comme comparable ?

Le patient n°2 issu du groupe contrôle, ne montre pas d'évolution moyenne de la motricité positive et parfois même négative pour certains mouvements. Ceci pourrait-il s'expliquer par le fait qu'il soit en phase chronique post-AVC, ce qui minorerait la marge de manœuvre de sa récupération ?

L'observation des résultats de cette étude pilote pourrait suggérer vers une tendance à l'amélioration de la motricité du membre inférieur par cette thérapie, ce qui est aussi retrouvé dans les études susmentionnées. Il semblerait qu'il y eût aussi une amélioration de la symétrie de la répartition du poids du corps entre les deux pieds, de la vitesse de marche et de l'indépendance fonctionnelle.

De plus, les résultats ne semblent pas indiquer une tendance positive de l'amélioration de la qualité de la marche ni de l'équilibre. Ces résultats ne sont pas en accord avec ceux qui sont retrouvés dans les études susmentionnées.

Au vu du nombre faible de patient inclus dans cet essai pilote, il est alors impossible de pouvoir généraliser ces résultats à la population cible.

Il aurait été intéressant de suivre dans le temps tous ces paramètres afin de vérifier le maintien ou non des progrès constatés chez les sujets suite à ce protocole. De nouvelles mesures 6 mois après le protocole auraient permis d'évaluer les effets de cette thérapie à long terme. En effet, l'équipe de Sütbeyaz (*Sütbeyaz al., 2007*), après avoir réalisé les bilans

Tab.5: Les différents biais méthodologiques de cette étude de recherche

Type de biais	Définition	Conditions au sein de ce protocole	Ce biais est-il supprimé ?
Biais de confusion	Correspond au biais introduit par les facteurs de confusion dans les études sans groupe contrôle.	Mise en place d'un groupe contrôle.	OUI
Biais de sélection	Survient quand les deux groupes ne sont pas comparables initialement.	Mise en place d'une randomisation des patients.	OUI
Biais de suivi (Appelé aussi biais de réalisation)	Provient d'une destruction de la comparabilité des groupes au cours du suivi (ou de la réalisation de l'essai). Ce biais est évité par l'utilisation du double-insu.	Au cours de cet essai pilote, le double aveugle n'est pas possible, car l'expérimentateur est conscient de l'appartenance du patient au groupe test ou au groupe contrôle. Cependant, l'évaluateur est aveugle, car il ne sait pas si le patient appartient ou non au groupe test. Le biais de suivi n'est donc pas complètement éliminé dans ce cas. Le double aveugle étant impossible, cet essai pilote est donc un essai dit « ouvert ».	En partie
Biais d'attrition	Apparaît à la faveur du retrait de certains patients de l'analyse. Le biais d'attrition est contrôlé par l'analysé en intention de traiter.	Tous les résultats des patients inclus dans cet essai ont été pris en compte.	OUI
Biais d'évaluation	Survient lorsque le critère de jugement n'est pas recherché de la même manière entre les groupes de traitement. Le double insu supprime le risque de ce biais.	L'évaluateur est le même lors de la réalisation des bilans initiaux et des bilans terminaux ; il n'a pas connaissance de l'appartenance du patient au groupe test ou au groupe contrôle, il est donc dit « évaluateur aveugle ». L'évaluateur et l'expérimentateur sont donc deux personnes différentes.	OUI

terminaux ont réitéré leurs mesures à 6 mois afin d'avoir une évaluation de l'efficacité de la TMI à long terme.

5.2 LECTURE CRITIQUE

Afin de prendre un recul critique sur cet essai pilote et en particulier de répondre à la question « *Le bénéfice apporté par ce traitement est-il établi avec suffisamment de fiabilité et est-il cliniquement pertinent pour justifier son utilisation en pratique ?* » (Université Lyon 1 *Lecture critique*), il est nécessaire de s'interroger sur plusieurs points :

- **La validité interne** : Est-ce que le résultat est fiable, c'est-à-dire réel et non biaisé ?
- **La cohérence externe** : Est-ce que ce résultat est concordant avec les autres connaissances sur le sujet ?
- **La pertinence clinique et la représentativité** : Le résultat représente-t-il un bénéfice intéressant en pratique ? Est-il extrapolable aux patients rencontrés couramment en pratique clinique ?

5.2.1 VALIDITE INTERNE

Sur l'échelle de PEDRo cet essai pilote obtient un score de 6/11. Cette analyse a été confirmée par le Dr A. Moseley, manager du collectif PEDRo via une correspondance privée par courriel. (Cf. annexe n°6)

Pour conclure à la **réalité statistique** d'un résultat, il est convenu que la différence observée soit statistiquement significative. Au vu du nombre faible de patients inclus dans cet essai pilote, les tests statistiques n'ont pas pu être utilisés. Il est alors impossible de conclure que la différence observée entre les deux groupes est réelle et non due au hasard.

L'introduction démontre que l'hypothèse testée découle naturellement des connaissances et des données disponibles avant le début de l'essai pilote. L'objectif de l'essai a été clairement défini en amont et le résultat mis en avant correspond directement à l'hypothèse formulée *a priori*. Il s'agit donc bien d'une démarche hypothético-déductive. Ainsi le **principe de la méthode expérimentale** est respecté.

Les **différents biais** identifiables de cette étude pilote sont de plusieurs types.

Tout d'abord, concernant les **biais classiques de méthodologie des essais cliniques** : Les biais de confusion, de sélection, d'attrition et d'évaluation ont été évités au sein de cet essai pilote. Seul le biais de suivi n'a été évité qu'en partie. (Cf tab.5).

Une **récupération spontanée**, est décrite chez le patient hémiparétique. Cependant, sa part dans le processus de récupération global est impossible à circonscrire, ce qui peut biaiser les résultats des études comme la nôtre. On peut toutefois minimiser le biais par l'inclusion d'un nombre important de patients et par une randomisation par bloc 2 ou 4.

L'« *effet Hawthorne* » : le seul fait de participer à un protocole de recherche modifie le comportement du patient. Il semblerait que le fait d'être dans un environnement stimulant, avec des attentes d'efficacité, la façon dont la confiance et la conviction sont communiquées au patient, peut jouer aussi un rôle au premier plan dans la récupération du patient. Au même titre que « *l'effet placebo* » (Guy-Coichard et al., 2004), que pourrait produire la TMi face à la rééducation conventionnelle, ce biais ne doit pas être négligé lors de l'analyse des résultats.

Le **faible nombre de patients inclus dans cet essai pilote**, soit 6 patients, constitue un biais supplémentaire. En effet, ce nombre n'est pas significatif pour pouvoir extrapoler les résultats observés à la population. En conséquence, la puissance de cet essai pilote est faible. Il est donc nécessaire d'analyser ces résultats avec précaution et de mettre en place un essai contrôlé randomisé multicentrique avec un nombre plus grand de patients. D'au moins 18 comme mentionné plus haut.

L'**analyse des effets de la TMi sur la récupération de la marche** a été évaluée avec l'échelle de la FAC modifiée. Cette échelle n'est pas extrêmement précise et peut constituer un biais d'analyse supplémentaire. C'est pourquoi, afin d'avoir une analyse plus rigoureuse, il aurait pu être intéressant d'inclure une analyse cinématique de la marche des patients, avec une plateforme adaptée et une analyse vidéo de la marche. Ce moyen d'analyse a été mis en œuvre par l'équipe de Lin et al., 2014. Ce type de dispositif n'était pas présent dans le centre où s'est déroulé cet essai pilote.

Le **biais de publication** peut être un biais complémentaire. C'est un biais majeur actuel dans la pratique de l'EBM (*Evidence Based Medicine*) : environ 50% des résultats d'essais cliniques ne sont pas publiés alors que la déclaration d'Helsinki de l'AMM l'oblige. Les essais « *négatifs* » c'est à dire ne retrouvant pas d'effet significatif au médicament, ou au moyen thérapeutique testé, ont au moins deux fois plus de chances de ne pas être publiés. Ces résultats non publiés sont inaccessibles au public et aux chercheurs. Puisque la méta-analyse se base sur des essais publiés, si ces publications ne reflètent pas la réalité des faits, la méta-analyse pourrait fournir un faux résultat de haut niveau de preuve.

A la vue de ces multiples biais identifiés, il est nécessaire d'interpréter les résultats de cet essai pilote avec un recul critique majeur.

5.2.2 COHERENCE EXTERNE

Il existe des preuves de l'efficacité de la TMi sur la récupération de la fonction sensorimotrice du membre inférieur, chez des patients hémiparétiques post-AVC, dans des travaux antérieurs. Cette étude utilise un prototype de dispositif dit structure-miroir, il n'y a pas d'autres éléments de comparaison, afin d'évaluer sa reproductibilité.

5.2.3 PERTINENCE CLINIQUE ET REPRESENTATIVITE

L'objectif de cet essai pilote a été défini par le traitement testé (*la TMi via la structure-miroir*), par le traitement contrôle (*groupe contrôle*), par le critère de jugement principal (*la motricité du membre inférieur en amont et en aval de la durée du protocole*), par les patients concernés (*patients atteints d'hémi-parésie post-AVC avec des déficits de la fonction sensorimotrice du MI*). De plus, il s'agit d'une recherche de supériorité de la récupération de la fonction sensorimotrice entre le groupe test et le groupe contrôle. **L'objectif de l'essai est ainsi parfaitement défini.**

Le groupe contrôle a réalisé les mêmes séries de mouvements, dans les mêmes positions que le groupe test, mais face à la partie non réfléchissante du miroir. Les résultats de cet essai peuvent donc être expliqués en partie par le feedback visuel. C'est pourquoi le **traitement du groupe contrôle est adapté.**

Le **critère de jugement principal est pertinent**, il est le plus utilisé dans les travaux de recherches précédents.

S'agissant de la **balance bénéfice-risque** de cette thérapie :

- Fatigabilité du patient due à la forte concentration demandée et aux exercices à réaliser.
- Mobilisation douloureuse des membres supérieurs et/ou membres inférieurs.
- Chutes lorsque le patient monte sur la structure, mais ce risque est contrôlé par l'examineur qui guide le patient lors de son installation.
- Risques de « *perturbations cognitives* » dus à la TMi: évalués par une « *ébauche* » d'évaluation psycho-bio-comportementale. (Cf. *annexe n°7*)

Les études antérieures concernant l'application de la TMi pour la récupération du membre supérieur et/ou du membre inférieur ne relèvent pas de risques spécifiques. Concernant les bénéfices, la TMi pourrait contribuer à la récupération de la fonction sensorimotrice du membre inférieur, améliorer la marche, l'équilibre et la posture du patient. C'est ainsi que la **balance bénéfices/risques semble être positive, en faveur des bénéfices.**

Les critères de sélection ont été définis en fonction des études antérieures, afin que l'échantillon étudié soit proche de la population cible. Cependant pour des raisons pratiques les critères d'inclusions ont été élargis. En effet, un patient n'était pas dans la tranche d'âge fixée. De plus, deux patients en phase chronique d'AVC ont été inclus. Ainsi, il semblerait que **l'échantillon étudié ne soit pas pleinement représentatif de la population source.**

5.3 CRITIQUES SUPPLEMENTAIRES CONCERNANT LA STRUCTURE-MIROIR

La structure –miroir utilisée est un premier prototype. Lors de l’expérimentation de cette dernière, de **nombreux éléments à améliorer** ont été identifiés à la fois par les thérapeutes et par les patients eux-mêmes (*Cf. annexe n°7 partie 3 : remarques particulières ?*)

- Rendre plus confortable la position assise: renforcer le système de mousse au niveau de l’échancrure.
- Inclure des planches pour se placer à différentes hauteurs par rapport au sol, afin de s’adapter au mieux à la taille des membres inférieurs du patient pour que celui-ci puisse être en position assise, en position semi-assise et en position debout stricte.
- Améliorer le système de suspension avec le harnais du rail de marche pour stabiliser au mieux le patient afin de favoriser son confort et par conséquent sa concentration.
- Dessiner sur le cadre de la structure miroir et sur la planche au niveau du sol, des repères visuels que doit atteindre le patient lorsqu’il réalise les mouvements.
- La surface réfléchissante composée de miroir pourrait être remplacée par du plexiglas, afin d’alléger le poids total de la structure, à la condition que celui ci permette de conserver la qualité spéculaire de l’image.

5.4 CRITIQUES SUPPLEMENTAIRES CONCERNANT LE PROTOCOLE

Plusieurs critiques supplémentaires concernant le protocole de cet essai peuvent être soulevées. Dans ce protocole il a été réalisé 3 séances de TMi par semaine, alors que la majorité des études antérieures préconisait 5 séances de TMi par semaine. Ceci pourrait être expliquer le fait que la différence en terme de récupération entre les deux groupes ne soit pas très marquée.

Le protocole de ce travail de recherche était standardisé de sorte que les patients effectuent exactement les mêmes mouvements, dans les mêmes positions et au même moment. Ceci pourrait expliquer également cette différence peu marquée du progrès: en effet, le niveau de récupération sensitivomotrice du MI parétique était différente selon les patients et donc le programme proposé n’était de ce fait pas assez singularisé pour chacun d’eux.

Enfin, il aurait pu être intéressant d’utiliser des techniques d’imagerie (*IMRf ou tomographie par émission de positrons*) afin de suivre la réorganisation cérébrale après la TMi (*Marian et al., 2011*). Toutefois ces outils d’investigations n’étaient pas accessibles.

5.5 REMARQUES GENERALES CONCERNANT LA THERAPIE MIROIR

5.5.1 REMARQUES CONCERNANT LES ETUDES ANTERIEURES

Dans les travaux de recherches consultés, il n'y a pas de distinction quant au côté de la lésion cérébrale, ce qui laisserait supposer que leurs auteurs attribueraient aux sujets des capacités équivalentes quant à bénéficier de la TMi. Pour ce faire, dans ces travaux, avoir un trouble cognitif majeur lié à l'AVC fait partie des critères d'exclusions. Il serait peut-être également intéressant de vérifier si le côté de la lésion cérébrale a un impact.

Actuellement l'application de la TMi serait conditionnée par l'existence d'un côté sain. Comme le suggère Ramachandran (*Ramachandran et al., 2009*), en cas d'atteintes bilatérales, ce concept de TMi pourrait quand même être proposé au patient en utilisant non pas le feedback visuel de l'image réfléchi du membre sain mais celui du membre d'un tiers, tel que le thérapeute.

L'investigation de l'efficacité de la TMi s'est exclusivement portée sur des patients hémiparétiques dont l'étiologie est vasculaire. Il serait envisageable de réaliser la même étude sur des patients dont l'étiologie est différente. Il serait aussi intéressant d'investiguer d'autres pathologies d'origine cérébrale tels que le syndrome cérébelleux ou la pathologie de Parkinson. En effet, la manifestation de la triade parkinsonienne est unilatérale ou asymétrique (*Collège des enseignants de neurologie*).

5.5.2 QUEL EST LE NIVEAU D'IMPLICATION DES NEURONES MIROIRS ?

Les mouvements intégrés dans ce protocole, en particulier ceux concernant les séquences de la marche, font appel à des activités alternées. Cependant la structure-miroir reflète une activité symétrique des membres inférieurs. Existe-t-il un conflit face à ce constat ? Les neurones miroirs ont une faculté de sélectivité importante. Dès lors, ces derniers pourraient-ils être activés lors de séances de TMi, incluant des mouvements de séquences de la marche, dans l'objectif de restaurer cette fonction ?

Du fait que l'hémiparésie post-AVC est un handicap neurologique acquis, le sujet dispose alors d'un répertoire moteur et une d'expérience de la marche alternée. Cette mémoire motrice permet-elle d'activer les motoneurones miroir spécifiques du schéma de la marche, alors que par la TMi le patient a l'illusion d'une activité symétrique ?

Une première réponse peut être proposée, suite à l'échange de courriel avec le Pr Mathon, *service de neurochirurgie, groupe hospitalier universitaire la Pitié-Salpêtrière, Paris* : En effet, la sélectivité est une des caractéristiques fonctionnelles fondamentales des neurones miroirs. Il semblerait donc évident qu'il existe une population de neurones miroirs qui réponde aux actions de marche. Il serait possible que les neurones du cortex prémoteur dorsal soient impliqués dans cette tâche. La marche est certes une action alternée des deux

hémicorps, mais symétrique. Or, il ne faut pas oublier que l'action du système moteur des neurones miroirs est modulée par la pratique motrice et non par l'expérience visuelle.

Cependant les fondements de la TMi ne se résumeraient pas à la population de neurones miroirs ; ceci m'a été rapporté par les Pr Altschuler et Pr Ramachandran, membres du *Center for Brain and Cognition, University of California, San Diego* au cours d'une correspondance par courriel : Ils y pointent le fait que le concept de neurone miroir se soit développé d'une façon tellement exagérée qu'il en aurait perdu toute sa spécificité. De plus, il semblerait qu'il n'existe pas d'évidence montrant clairement que mobiliser le système des neurones miroirs (*quel qu'en soit la signification exacte*) de façon générale soit utile pour le traitement de patients victimes d'AVC. Ainsi un protocole spécifique semblerait être nécessaire.

5.5.3 QUELS SONT LES EFFETS SECONDAIRES ET/OU LES CONTRE-INDICATIONS POTENTIELS DE LA THERAPIE MIROIR ?

Peu d'études investiguent la question des effets secondaires éventuels ou les contre-indication concernant la mise en place de la TMi. Dans les cas où ces interrogations sont soulevées, celles-ci ne sont discutées qu'*a posteriori* uniquement.

Lors de ces séances de TMi, existe-t-il un potentiel danger:

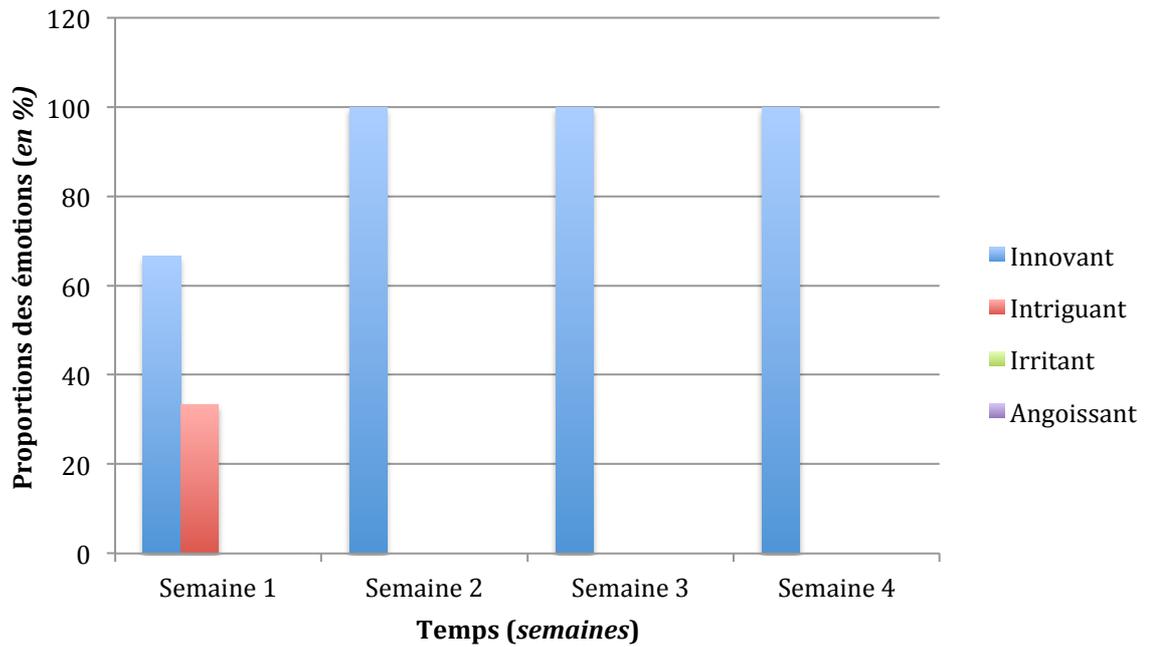
* d'altérer ou de restaurer un schéma moteur discordant, notamment par le fait que le miroir ne reflète pas l'activité de la marche de manière alternée ?

Une première réponse peut être proposée, suite à l'échange de courriel avec le Pr Mathon, *service de neurochirurgie, groupe hospitalier universitaire la Pitié-Salpêtrière, Paris* : Dans ces conditions, chez un patient hémiparétique ou hémiplégique, il semblerait que la TMi ne puisse pas être délétère en inculquant un schéma de marche erroné. La spasticité pyramidale compensant le déficit moteur présent, aurait déjà en soi inculquée au patient un schéma de marche incorrect. Ainsi, il paraîtrait que la TMi utilisée comme rééducation semblerait adaptée à la réhabilitation d'une fonction motrice comme la marche, à conditions d'exploiter au mieux les propriétés fonctionnelles connues des neurones miroirs.

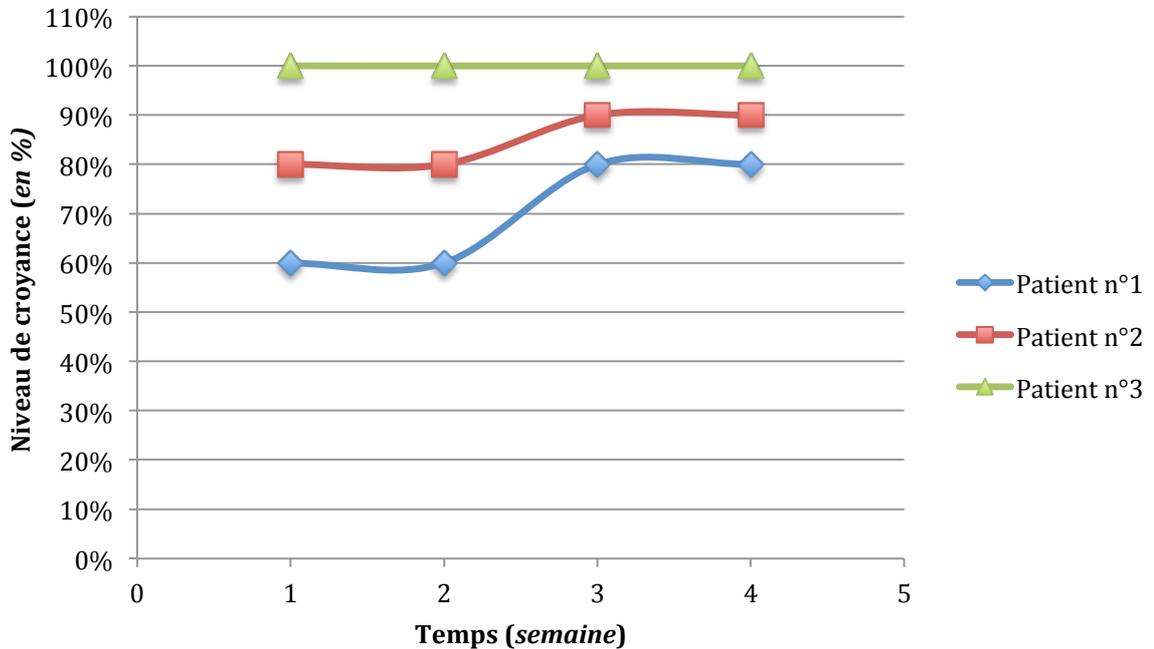
* de générer une forme d'anxiété du fait de la visualisation d'un membre d'apparence fonctionnel alors qu'il ne l'est pas ?

L'évaluation de cette éventuelle anxiété et de son évolution durant le protocole de cet essai pilote, est réalisée par une tierce personne. Au début de l'étude, il est demandé au patient de chiffrer son niveau d'anxiété entre 0% (*aucune anxiété*) et 100% (*anxiété maximale*). Une seconde évaluation a été effectuée à la fin de la première semaine, pour en voir l'évolution, et il était prévu de réitérer cette évaluation durant les quatre semaines du protocole. Tous les patients ont quantifié leur anxiété à 0% aussi bien au début qu'à la fin de la première semaine. Du fait de l'observation de taux à 0%, plusieurs interrogations peuvent

Graphique n°9: Evolution des émotions les plus significatives



Graphique n°10: Evolution du niveau de croyance



être soulevées : Existe-t-il une réelle absence d'anxiété ? Ou bien est-ce l'échelle proposée qui n'est pas pertinente ?

C'est pourquoi une autre proposition d'évaluation de l'anxiété induite par cette thérapie n'a pu être mise en place uniquement qu'à posteriori. Il a ainsi été demandé aux patients de classer des adjectifs en fonction de leur ressenti pour caractériser chaque semaine du protocole. Ces adjectifs ont été choisis sur la base de l'étude de l'équipe de *Casale and al., 2009* et par des échanges avec des neuropsychologues, psychologues cliniciens, et psychiatres afin que le terme d'anxiété ne soit pas clairement exprimé, mais que cette analyse en soit révélatrice (*Cf. annexe n°7 Partie 1 : évaluation des émotions*). Seul un patient a soulevé un sentiment « intrigant (*laisser perplexe*) » pour définir la première semaine du protocole, selon l'échelle choisie ceci reflète le fait que cette thérapie peut être source d'anxiété. (*Cf graphique n°9*). Les autres patients ont soulevé le caractère « innovant (*inédit, nouveauté, invention*) » pour caractériser l'ensemble du protocole de TMI, ce qui reflèterai un taux d'anxiété faible. Ce caractère innovant pourrait-il relever de « *l'effet Hawthorne* » ? Le fait de participer à un protocole de recherche pourrait majorer la motivation du patient et par conséquent influencerait l'évolution de sa récupération.

Existe-t-il un décalage entre le feedback visuel créé par le miroir et ce qu'imagine vraiment le patient ? Quel niveau de croyance les patients accordent-t-ils à cette illusion visuelle ?

Le graphique n°10 montre que le niveau de croyance accordé à cette illusion visuelle, pour 2/3 des patients du groupe test, augmente au cours des semaines du protocole (*Cf. annexe n°7 partie 2 : évaluation des « pensées automatiques »*). Plus le patient est en position proche de la verticale, plus l'illusion serait importante. Il est intéressant de noter que les patients du groupe test se sont laissés surprendre, le temps de quelques secondes, et ont cru que c'était vraiment leur jambe parétique qu'il voyait sur le miroir. Un niveau de croyance important pour ce dispositif pourrait ainsi favoriser la concentration et l'adhérence du patient pour ce traitement.

Cette évaluation s'inspire d'une approche psycho-bio-comportementale et il est évident que ces résultats sont à prendre avec du recul au regard du faible nombre de patients. De plus, ceci n'est qu'une proposition d'une approche sommaire du modèle de psychologie comportementale. J'ai parfaitement conscience de ne pas avoir la formation et les connaissances nécessaires pour analyser pleinement les conséquences cognitives de cette thérapie et pour établir un lien avec le domaine de la psychologie. Mais il m'a semblé nécessaire de soulever ce point en m'appuyant sur le peu de littérature scientifique s'intéressant à ces éléments. Il serait sans doute pertinent d'investiguer ces questions sur un échantillon plus important et de faire intervenir des professionnels du domaine de la psychologie comportementale dans un essai clinique.

J'ai ainsi demandé l'avis d'experts dans le domaine de la psychologie pour analyser ces résultats, lors d'entretiens téléphoniques :

Plusieurs remarques peuvent être soulevées. D'une part, la TMI, qui demande une forte concentration et une attention soutenue, semble être une thérapie fatigante. D'autre part, le caractère innovant et intéressant ressort de manière importante. Les patients vivent bien la tromperie. Ce leurre visuel et psychique est important car il remotive les patients. Souvent ce sont des patients qui peuvent être en période de dépression et le côté attractif et nouveau de cette thérapie leur permet de sortir d'une certaine lassitude due à la répétition de mouvements. Le fait de se remettre en position debout, de percevoir son corps marcher, tout cela donne la sensation d'être à nouveau « normal », ils oublient ainsi toute la difficulté à le redevenir. Il existe un effet placebo à tous les niveaux et un investissement total de la part des patients. Cela entraîne des mécanismes qui renforcent la récupération. La croyance psychique est singulière à chaque patient, mais rien ne semble transcrire une quelconque forme d'angoisse. Cependant, il faut être vigilant ; pour des patients qui sont initialement plus fragiles psychologiquement, cette thérapie pourrait déstabiliser. Ou bien, pour des patients qui sont plutôt sceptiques initialement, ceci pourrait se traduire par une efficacité moindre de la TMI. Les patients n°1 et n°2 ont eu l'air sceptique vis-à-vis de cette thérapie, du fait qu'ils semblent être déçus par rapport à leurs attentes initiales. Au contraire, le patient n°3 paraît être totalement investi dans le projet, ce qui est sûrement renforcé par le fait qu'il soit à un stade chronique de la pathologie. La démangeaison retenue par le patient n°3 au niveau du reflet de sa jambe saine dans le miroir le temps de quelques secondes montre qu'il faut être vigilant. Cette sensation traduit le fait que l'illusion optique peut amener le patient à percevoir une fausse réalité. La TMI repose certes sur un leurre cognitif, mais le patient ne doit pas se fourvoyer en croyant qu'il pourra remarquer normalement. C'est une illusion donc par définition celle-ci est éphémère. C'est pourquoi, le temps d'éducation concernant cette thérapie est fondamental et le patient doit être accompagné.

De plus, cette thérapie responsabilise le patient car c'est une proposition qui lui est faite pour participer à cette étude, le refus est possible à tout moment, ce qui renforce alors sa motivation et son implication. Le patient reste maître de ce qu'il fait, il peut tout arrêter à tout moment, ce qui limite le danger de cette thérapie. Cette responsabilité est d'autant plus renforcée que les patients ont pu donner leurs avis afin d'améliorer le protocole à la fin de cette étude. Il faut aussi souligner le vocabulaire utilisé par certains patients : « agréable », « préféré » sont des termes relatifs aux émotions, ce qui traduit que cette thérapie semble apporter des bénéfices à ces patients voire presque une certaine forme de « bien-être ».

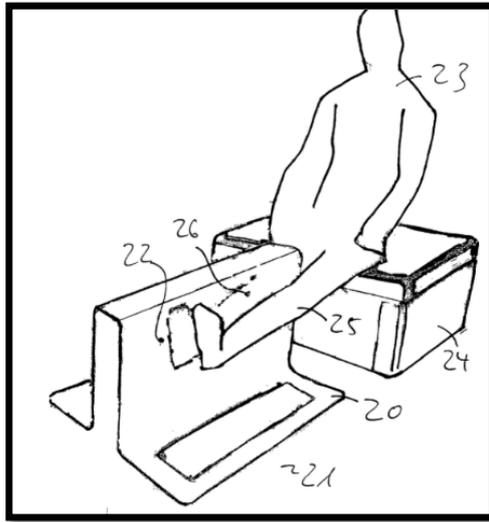


Fig.47 : Dispositif créé par Dr M. Christoph et al., 2015

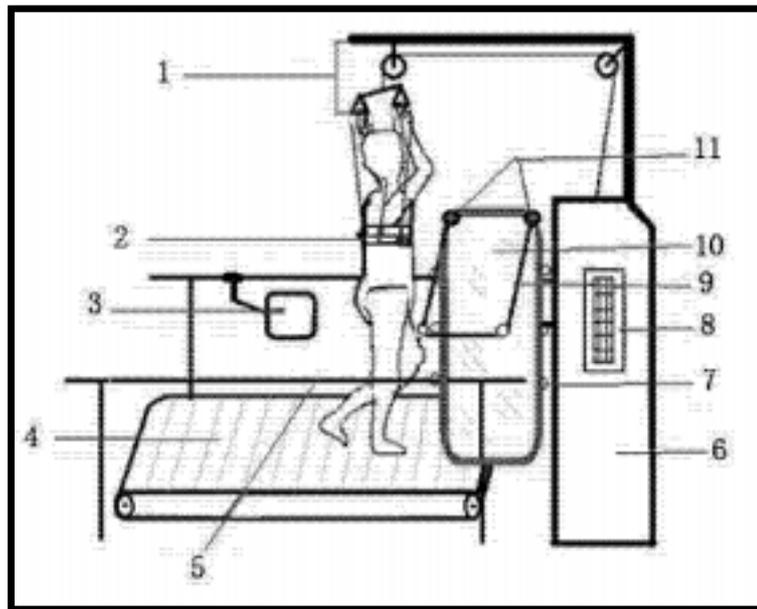


Fig.48 : Dispositif créé par l'équipe de Dr. 崔□, et al., 2013

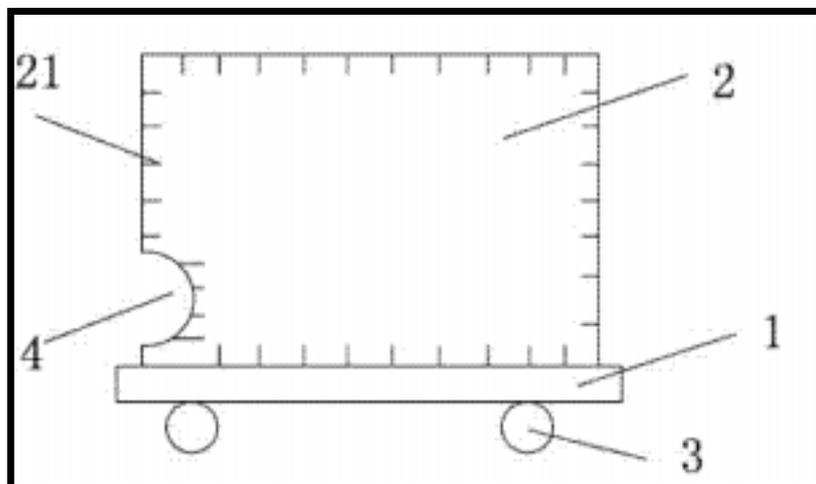


Fig.49 : Dispositif créé par l'équipe de Dr 王曙□ et al., 2014

5.6 QUELLES SONT LES PERSPECTIVES POSSIBLES A LA SUITE A CET ESSAI PILOTE ?

5.6.1 COMMENT ADAPTER AU MIEUX LE PROTOCOLE A L'EXPERIENCE MOTRICE DU PATIENT ?

L'équipe de *Calvo-Merino et al., 2005* ont démontré dans un essai contrôlé, l'existence d'un renforcement mutuel direct entre le répertoire moteur d'un sujet, qui lui est spécifique en fonction de ses compétences motrices acquises, et les neurones miroirs. Cette équipe a ainsi comparé l'activité des neurones miroirs chez des sujets avec des compétences motrices différentes (*danseurs de danse classique, de capoeira et non experts en danse*) afin de vérifier si le système cérébral de l'observation d'actions, donc indirectement l'activité des neurones miroirs, est calibré précisément sur le répertoire moteur d'un individu. Ainsi, les neurones miroirs sont activés lors de l'observation d'une action, même en l'absence de répertoire moteur, mais si ce dernier est présent, il y a une sollicitation et donc une activité cérébrale beaucoup plus importante des zones du cortex prémoteur et du cortex pariétal.

C'est pourquoi, lors de l'application de la TMi pour un sujet donné, il serait intéressant d'adapter les mouvements du protocole à l'expérience motrice du sujet. Les exercices relatifs aux séquences du cycle de la marche resteraient une base commune, mais d'autres exercices pourraient intégrer des mouvements s'inspirant, par exemple, des compétences motrices spécifiques du sujet. Il serait ainsi cohérent d'ajouter des exercices d'un point de vue cinématique semblable à des mouvements retrouvés lors de la pratique du football, de l'athlétisme ou encore du rugby si le sujet a exercé ces sports auparavant.

5.6.2 LES DIFFERENTS TYPES DE VALORISATION DES RESULTATS

À la suite de cet essai pilote, plusieurs types de valorisation peuvent être envisagés.

Le dépôt de brevet d'innovation concernant la structure-miroir permettra de protéger cette innovation, et aussi de la fabriquer et de la commercialiser selon des normes de sécurité adaptées. Ainsi elle devra répondre aux critères de nouveauté, d'inventivité et d'application industrielle. En effectuant une recherche d'antériorité sur des bases de données de brevets d'innovations, plusieurs dispositifs existent concernant l'application de la TMi pour la rééducation du membre inférieur. Les Dr M. Christoph et al., 2015 ont réalisé une invention limitée à la position assise (*Cf fig.47*). Les équipes de Dr 信吾 湯淺 et al., 2010 ainsi que celle du Dr. 崔□, et al., 2013 ont inventé des dispositifs utilisant un système de capture d'image virtuelle, qui semble plus onéreux et difficile à mettre en application (*Cf fig.48*). L'équipe du Dr 王曙□ et al., 2014 a créé un dispositif qui semble être le plus proche de la structure-miroir mais il ne concerne que les articulations du pied (*Cf fig.49*). Il est important de prendre en considération le fait que la TMi est un moyen thérapeutique peu coûteux et relativement simple à mettre en place.

A partir de ces résultats préliminaires il serait peut être judicieux de réaliser un essai clinique, incluant un nombre de patients plus important, par une équipe au sein d'un laboratoire universitaire de recherche, afin de publier les résultats.

Des revues internationales anglophones peuvent être envisagées telles que : *Nature neuroscience*, *Archives of Physical Medicine Rehabilitation (Elsevier)*, *The Journal of Neuroscience*, *The Society of Physical Therapy*, *Science* et *Trends in Neuroscience*. Les règles de publications ainsi que le facteur d'impact, estimation indirect de la visibilité d'une revue scientifique, spécifique à chaque revue sont résumés dans le tableau en annexe n°8. Enfin, des publications dans des revues francophones dans le domaine de la rééducation et des neurosciences peuvent être aussi envisagées telles que : *Kinésithérapie la revue*, *Kinésithérapie scientifique et Revue de Neuropsychologie*. Les règles de publications ainsi que le facteur d'impact correspondant à chaque revue sont résumés dans le tableau en annexe n°9.

VI. CONCLUSIONS

Le protocole présenté dans ce mémoire permet d'évaluer les effets de la TMi sur la récupération sensorimotrice du MI, avec des mouvements orientés vers la fonction, la marche et la station debout, dans le cadre de la rééducation de patients hémiparétiques post-AVC. Cet essai pilote trouve son originalité dans le moyen utilisé pour adapter l'application de la TMi, à savoir la création d'un nouveau type de structure-miroir. Cette dernière structure permet ainsi de réaliser des mouvements dans différentes postures (*position assise, semi-assise et debout*) et de réaliser une diversité importante de mouvements, grâce à la position des deux hémimiroirs : en avant il permet des mouvements de l'ensemble des articulations du MI (*par exemple de triple flexion*) et en arrière il permet des mouvements d'extension de hanche (*pour réaliser la propulsion lors du cycle de la marche*). L'observation des résultats de cette étude pilote orienterait vers une tendance à l'amélioration de la motricité du membre inférieur par cette thérapie. Il semblerait qu'il y ait aussi une amélioration symétrie de la répartition du poids du corps entre les deux pieds, de la vitesse de marche et de l'indépendance fonctionnelle.

J'ai essayé d'inscrire cet essai pilote au sein des trois dimensions de l'EBP (*Evidence-Based Practice*) (*Hush et al., 2011*). D'une part, la recherche bibliographique utilisant différentes sources de bases de données, ainsi qu'une lecture critique de ces articles a permis de remplir la dimension de preuve scientifique. D'autre part, les échanges avec différents professionnels de la santé ont permis de réaliser un protocole basé sur l'expertise clinique. Enfin, le fait que les patients de cette étude de recherche aient pu exprimer leurs remarques, afin d'améliorer et le protocole et la structure-miroir, permet de cerner en partie les préférences et les valeurs des patients.

D'autres domaines d'application peuvent être envisagés pour cette structure-miroir et ce protocole composé de mouvements orientés vers la fonction. En effet, ceux-ci peuvent être transposables à un contexte de douleur type algo-hallucinoïse pour des patients amputés du MI. Il est à noter que dans ce contexte particulier il serait préférable de réaliser les mouvements de manière asymétrique, où seul le membre sain sera en mouvement, tout en ayant l'intention de réaliser le mouvement de manière synchrone avec les deux MI. De plus, ce dispositif peut être extrapolable à des douleurs neuropathiques du MI, à des épisodes de SDRC 1 ou encore d'héminégligence unilatérale. Il serait aussi intéressant de s'interroger sur l'efficacité de la TMi pour des patients hémiparétiques suite à d'autres étiologies d'AVC que celles vasculaires, voire même pour d'autres pathologies neurologiques centrales.

Enfin, c'est peut-être à travers la TMi que s'exprime un des rôles importants du thérapeute : donner des consignes claires, vérifier l'exécution correcte des exercices, expliquer et surtout motiver le patient pour qu'il adhère au traitement. Ceci permettrait de rendre véritablement le patient acteur du soin, ce qui majorerait l'indépendance de ce dernier.

Pour finir, la TMi ne peut s'envisager qu'au sein d'un ensemble de techniques rééducatives plus classiques et innovantes. En effet, cette thérapie ne peut pas être proposée de façon isolée si l'on veut recouvrer le maximum des capacités des patients.

La réalisation de ce mémoire de recherche m'a paru nécessaire pour un futur professionnel de santé, car la recherche fait partie intégrante du décret des masseurs-kinésithérapeutes et semble à tondre à s'intégrer dans la profession par le titre d'enseignant-chercheur.

Cela m'a permis de développer un esprit critique, aussi bien lors de l'analyse des différents articles scientifiques que lors de l'interprétation des résultats, mais aussi de remettre ma pratique en question afin d'améliorer la prise en charge des patients. Cela m'a aussi permis de développer une certaine forme d'inventivité qui est nécessaire dans le domaine de la recherche. De plus, la réalisation d'un protocole de recherche, le travail pluridisciplinaire et les échanges avec des experts issus de différents domaines, permettent un enrichissement professionnel et personnel majeur.

VII. GLOSSAIRE

- AVC : Accident vasculaire cérébral
- CCF : Chaîne cinétique fermée
- CCO : Chaîne cinétique ouverte
- EBP : Evidence based practice
- FAC : Functional Ambulation Classification
- HAS : Haute autorité de santé
- MI : Membre inférieur
- MK : Masso-kinésithérapeute
- MS : Membre supérieur
- PASS : Postural Assessment Structural Scale
- SDRC1 : Syndrome régional complexe de type 1
- TMi : Thérapie Miroir
- TMS : Stimulation transcranienne

VIII. BIBLIOGRAPHIE

1. ARTICLES SCIENTIFIQUES

- Abo Salem, HM; Huang, X. 2015, “*The effects of mirror therapy on clinic improvement in hemiplegic lower extremity rehabilitation in subjects with chronic stroke*” International scholarly and scientific research & innovation. 9 (2), 163-166.
- Al Sayegh, S; Filen, T; Johansson, M; Sandstrom, S; Stiewe,G; Butler, S. 2013, “*Mirror therapy for Complex Regional Pain Syndrome*” CRPS- A literature review and an illustrative case report. Scandinavian Journal of Pain 4 200-207.
- **Berquin, A. ; Leroy, B ;Mouraux, D ; Voodecker, P. 2015, « *Des miroirs pour traiter la douleur, pourquoi ?* » EMC – Douleurs Evaluation – Diagnostic – Traitement; 16 : 124-130.**
- Boudrahem, S ; Rougier, P. 2009, « *Relation between postural control assessment with eyes open and centre of pressure visual feedback effects in healthy individuals* ». Exp Brain Res 195 : 145-152.
- Cacchio, A; De Blasis, E, M.D; Necozone, S, M.D; Di Orio, E, M.D; Santilli, V, M.D. Octobre 2009, “*Mirror Therapy in Complex Regional Pain Syndrome Type 1 of the Upper Limb in Stroke Patients*”. Neurohabilitation and neural repair, vol. 23 n°8 792-799.
- **Calvo-Merino, B ; Glaser, D.E. ; Grèzes, J ; Passingham, RE ; Haggard, P. 2005, “*Action observation and acquired motor skills : an fMRI study with expert dancers*” Cerebral cortex august ; 15 :1243-1249.**
- Casale, R ; Damiani, C ; Rosati, V. 2009, “*Mirror therapy in the rehabilitation of lower-limb amputation : Are there any contraindications ?*” Am J Phys Med Rehabil; 88 : 837-842.
- **Choi, M; Jusang,Y; Shin, S; Lee, W. 2015, “*The effects of stepper exercise with visual feedback on strenght, walking and stair climbing in individuals following stroke*” J.Phys.Ther.sci. Vol 27 n°6; 4 : 1861-1864.**
- Dobkin, B; Firestine, A; West, M; Saremi, K; Woods, R. 2004, “*Ankle dorsiflexion as an fMRI paradigm to assay motor control for walking during rehabilitation* ” EMC- NeuroImage; 11 : 370-381.
- **Fogassi, L. 2012, « *Physiopathologie : Les neurones miroirs* »EMC – Actualités en Neurosciences; 6 : 143-148.**
- Garry, MI; Loftus, A; Summers, JJ. 2005, “*Mirror, mirror on the wall: viewing a mirror reflection of unilateral hand movements facilitates ipsilateral M1 excitability*” Exp Brain Res; 164: 118-22.
- Gibson, JJ. 1962, « *Observations on active touch* » Psych Rev; 69 : 477-91.
- Hush, J; Alison, J. 2011, “*Evidence-based practice : lost in translation ?*” Journal of Physiotherapy Vol.57 : 2.

- **Ji, SG, PT, PhD, Cha, HG, PT, MS; Kim, MK, PT, PhD; Lee, CR, PT, PhD. 2014,** « *The effect of mirror therapy integrating functional electrical stimulation on the gait of stroke patients*” *Journal Phys. Ther. Sci.* 26: 497-499.
- **Kim, MK, PT, PhD; Ji, SG, PT, PhD; Cha, HG, PT, PhD. 2016,** « *The effect of mirror therapy on balance ability of subacute stroke patients*” *Hong Kong Physiotherapy Journal*, 34, 27-32.
- Lin, K, ScD; Huang, PC ScD; Chen, Y, MS, Chingyi ScD, Huang, W MS. 2014, « *Combining afferent stimulation and mirror therapy for rehabilitation motor function, motor control, ambulation, and daily functions after stroke*” *Neurohabilitation and Neural Repair*, Vol 28(2) 153-163.
- Mailhan, L ; Cantalloube, S ; Monteil, I. 2003, « *Hémiplégies* », *EMC – Neurologie* :1-16 [Article 17-004-A-10].
- **Mathon, B. 2013,** « *Les neurones miroirs : de l’anatomie aux implications physiopathologiques et thérapeutiques* » *EMC – Revue Neurologique*; 5 : 285-290.
- McCabe, C, PhD, RGN; Haigh, R, MB, MRCP; Blake, D, MB, FRCP. 2008, « *Mirror Visual Feedback for the Treatment of Complex Regional Pain Syndrome (Type 1)*” *Current Pain and Headache*, 12 :103-107.
- **Mohan, U; S. Karthik babu, K. Vijay Kumar, B.V Suresh, Z.K Misri, M. Chakrapni. Oct-Dec 2013,** “*Effectiveness of mirror therapy on lower extremity motor recovery, balance and mobility in patients with acute stroke : A randomized sham-controlled pilot trial*”, *Annals of Indian Academy of Neurology*; 16(4) ; 634-639.
- Ramachandran VS; Rogers-Ramachandran D; Cobb S. 1995, “*Touching the phantom limb*” *Nature*; 377 : 489-90.
- **Ramachandran, VS; Altschuler E. 2009,** “*The use of visual feedback, in particular mirror visual feedback, in restoring brain function*”, *Brain a journal of neurology*: 132 ; 1693-1710.
- Ramachandran, VS; Rogers-Ramachandran, D. 2008, “*Sensations referred to a patient’s phantom arm from another subjects intact arm : perceptual correlates of mirror neurons*” *Med Hypotheses*; 70 : 1233-4.
- Ramachandran, VS. 1994, « *Phantom limbs, neglect syndromes, repressed memories, and Freudian psychology* » *Int Rev Neurobiol*; 37 : 291-333.
- Rez Rostami, H; Arefi, A; Tabatabaei, S. 2013, “*Effect of mirror therapy on hand function in patients with hand orthopaedic injuries: a randomized controlled trial*” *Disability and Rehabilitation*; 35(19) : 1647-1651.
- Rizzolatti, G; Fadiga, L; Gallese, V; Fogassi, L. 1996, “*Premotor cortex and the recognition of motor actions*” *EMC Cognitive Brain Research*; 10: 131-141.
- Rock, I; Victor, J. 1964, “*Vision and touch: an experimentally created conflict between the two senses*” *Science*; 143: 594-6.
- **Sheperd, R ; Carr, J. Février-mars 2005** « *Rééducation neurologique : les données de la science pour la pratique clinique* », *Kinésithérapie, les annales*. N°38-39, p.42-9.

- Summers, J; Kagerer, F; Garry, M; Hiraga, C; Loftus, A; Cauraugh, J. 2007, “*Bilateral and unilateral movement training on upper limb function in chronic stroke patients: a TMS study*” Journal of the Neurological Sciences 252, 76-82.
- Sütbeyaz, S ; Yavuzer, G ; Sezer, N; Koseoglu, BF. 2007, « *Mirror therapy enhances lower-extremity motor recovery and motor functioning after stroke: a randomized controlled trial* », Arch Phys Med Rehabil; 88 : 555-9.
- Tichelaar, V; YI, Geertzen JH, Keizer D, Pail van Wilgen C. 2007, “*Mirror box therapy added to cognitive behavioural therapy in three chronic complex regional pain syndrome type 1 patients : a pilot study*”, Int J Rehabil Res, 30 181-188.
- Yavuzer, G, MD, PhD, R.Selles, PhD, N.Sezer, MD, S.Sütbeyaz, MD, J.B. Bussmann, PhD, F.Köseoglu, MD, M.B. Atay, MD, H.J. Stam, MD, PhD. 2009 « *Mirror therapy improves hand function in subacute stroke: a randomized controlled trial* », NZ Journal of physiotherapy, Vol 37.

2. OUVRAGES

- CODINE P, LAFFONT I, FROGER J. 26 mars 2012, « *Imagerie mentale thérapie miroir, Applications en rééducation* » Sauramps medical (ISBN : 9782840237679)
- DE MORAND, Anne. 2011 « *Pratique de la rééducation neurologique* » Edition révisée. Elsevier Masson, 416 p. (ISBN : 2994100401, 9782994100409)

3. RAPPORTS

- HAS. Juin 2012, « *Accident vasculaire cérébral : méthodes de rééducation de la fonction motrice chez l'adulte. Méthode « Recommandations pour la pratique clinique »* » Recommandation de bonne pratique.

4. CONFERENCES

- RAMACHANDRAN, Vilayanur. Mars 2007, “*3 clues to understanding your brain*” TED: Ideas worth spreading

5. BREVETS

- Prof. Dr. Maier Christoph, Susanne Glaudo. *Mobile device for performing a mirror box*. Brevet DE102006013877 B4 (**en ligne**). Publié le 3 septembre 2015. Disponible sur : < <http://www.google.com/patents/DE102006013877B4?cl=en&hl=fr> > (Consulté le 28/04/2016)
- 信吾 湯浅 信吾 湯浅. *Mirror Therapy system*. Brevet JP2010139287 (**en ligne**). Publié le 18 juin 2010. Disponible sur : < <https://patents.google.com/patent/JP5712351B2/en> > (Consulté le 28/04/2016)

- 崔□, 李□, 任文□, 刘海娟, 吴□文, □素慧, 曹□源, 胡升升. *Multifunctional treatment mirror rehabilitation training system*. Brevet CN202909382 U (**en ligne**). Publié le 1 mai 2013. Disponible sur : < <https://www.google.com/patents/CN202909382U?cl=en&hl=fr> > (Consulté le 28/04/2016)
- 王曙□, □非, 崔韶阳. *Lower limb mirror image therapeutic device*. Brevet CN103801055 A (**en ligne**). Publié le 21 mai 2014. Disponible sur : < <http://www.google.com/patents/CN103801055A?cl=en> > (Consulté le 28/04/2016)

6. SITES INTERNET

- AMM. Déclaration d'Helsinki de L'AMM – Principes éthiques applicables à la recherche médicale impliquant des êtres humains (**en ligne**) Disponible sur : <http://www.wma.net/fr/30publications/10policies/b3/> (Consulté le 02/02/2016)
- Archives of physical medicine and rehabilitation, Official journal of the american congress of rehabilitation. *Author information pack* (**en ligne**). Disponible sur : https://www.elsevier.com/wps/find/journaldescription.cws_home/623354?generatepdf=true (Consulté le 10/04/2016)
- Collège des enseignants en neurologie. *Maladie de Parkinson* (**en ligne**). Disponible sur : <http://www.cen-neurologie.fr/2eme-cycle/Maladies%20et%20grands%20syndromes/Maladie%20de%20Parkinson/index.phtml> (Consulté le 12/05/2016)
- Institut Pierre Louis d'Epidémiologie et de Santé Publique UMR S 1136, affilié à l'INSERM et l'Université Pierre et Marie Curie. *BiostaTGV (2000)* (**en ligne**). Disponible sur : <http://marne.u707.jussieu.fr/biostatgv/#main> (Consulté le 18/03/2016)
- JNeurosci, The journal of neuroscience. *Information for authors* (**en ligne**). Disponible sur : <http://www.jneurosci.org/site/misc/itoa.xhtml> (Consulté le 10/04/2016)
- Journal of physical therapy science. *Editorial office of the journal of physical therapy science* (**en ligne**). Disponible sur : https://www.jstage.jst.go.jp/jstage/pub/jpts/pdf/regulation_en.pdf (Consulté le 10/04/2016)
- Kinésithérapie, la revue. *Recommandations aux auteurs* (**en ligne**). Disponible sur : <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:CrDf5qKou64J:www.em-consulte.com/getInfoProduit/KINE/instructionsAuteurs/KINE.pdf+&cd=2&hl=fr&ct=clnk&gl=fr&client=safari> (Consulté le 10/04/2016)
- La revue de neuropsychologie. *Espace auteurs* (**en ligne**). Disponible sur : http://www.jle.com/fr/revues/nrp/espace_auteur (Consulté le 10/04/2016)
- Nature Neuroscience. *Guide to authors* (**en ligne**). Disponible sur : <http://www.nature.com/neuro/pdf/gta.pdf> (Consulté le 10/04/2016)
- Trends in Neurosciences. *Instructions for authors* (**en ligne**). Disponible sur : <http://www.cell.com/trends/neurosciences/authors> (Consulté le 10/04/2016)
- Université Lyon 1. *Petit manuel de lecture critique des essais cliniques* (**en ligne**). Disponible sur : <http://www.spc.univ-lyon1.fr/lecture-critique/textelong/texte1.htm> (Consulté le 10/01/2016)

FICHE LECTURE N°1 :

Berquin, A. ; Leroy, B ; Mouraux, D ; Voodecker, P. 2015

Des miroirs pour traiter la douleur, pourquoi ?

EMC – Douleurs Evaluation – Diagnostic – Traitement;

16 : 124-130

AUTEURS	Anne Berquin, Bruno Leroy, Dominique Mouraux, Philippe Voodecker
TITRE	Des miroirs pour traiter la douleur, pourquoi ? <i>Mirrors for treating pain, why ?</i>
TYPE DE DOCUMENT	Article de revue
SOURCE (Revue, éditeur) + localisation de l'ouvrage, bibliothèque, côte	Editeur Elsevier Masson consulte (<i>base de données</i>), www.em-consulte.com Actualités en Neurosciences
DATE DE PARUTION	Mai 2015
NOMBRE DE PAGES (n° de pages)	7 pages
PLAN DE L'ARTICLE	<p>Résumé / Abstract</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Introduction 2. Observations cliniques : la douleur chronique s'accompagne d'anomalies sensorielles et de phénomènes de neuroplasticité 3. Premières hypothèses et études de cas 4. Une analyse plus fouillée des effets de ces thérapies 5. Des études contrôlées parfois divergentes 6. Comment expliquer ces divergences ? 7. Comment faire en pratique ? 8. Y a-t-il des contre-indications et des effets secondaires ? 9. Quelles sont les perspectives pour le futur ? 10. Conclusion <p>Déclaration d'intérêts Références</p>
ELEMENTS DE L'ARTICLE EN LIEN AVEC LA PROBLEMATIQUE	<p>Mots-clés : Thérapie par miroirs ; douleur neuropathique ; réadaptation Keywords : <i>Mirror therapy ; neuropathic pain ; rehabilitation</i></p>
	<p style="text-align: center;"><u>Éléments détaillés :</u></p> <p>Résumé / Abstract</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Introduction Dans cet article, nous examinerons successivement les raisons pour lesquelles ce traitement (<i>thérapie miroir</i>) a été proposé, les résultats des études cliniques, les modalités pratiques de ces traitements et enfin quelques perspectives pour el futur. 2. Observations cliniques : la douleur chronique s'accompagne d'anomalies sensorielles et de phénomènes de neuroplasticité Les personnes souffrant de douleurs chroniques présentent de nombreuses altérations sensorielles. Il existe une corrélation entre l'intensité et la chronicité des douleurs, les anomalies sensorielles et des phénomènes de neuroplasticité. <ul style="list-style-type: none"> - Chez un amputé du membre supérieur, le territoire sensitif cortical correspondant normalement à la main est « envahi » par des zones adjacentes, correspondant au visage, expliquant ainsi probablement les sensations référées. - Dans le SRDC, on retrouve également un rétrécissement des zones corticales correspondant au membre atteint ; cette anomalie se normalise chez les patients dont l'évolution clinique est favorable. 3. Premières hypothèses et études de cas Deux hypothèses : <ul style="list-style-type: none"> • Le rétrécissement des aires corticales S1 et M1 observé dans certaines conditions

pathologiques reflète une **hypo-utilisation du membre**.

- Un entraînement sensoriel et/ou moteur intensif pourrait contribuer à inverser cette situation. Le cortex sensoriel est éminemment plastique
- Le rôle potentiel d'une **discordance entre les informations visuelles** (*sensibilité tactile, proprioceptive, vision...*) et **l'intention motrice**.

Lorsque nous effectuons un mouvement, une copie du programme moteur est comparée aux informations sensorielles, afin de contrôler si le mouvement effectivement réalisé correspond au mouvement programmé et ainsi corriger les erreurs éventuelles.

Dans beaucoup de situations de douleur chronique, le mouvement est soit impossible soit sévèrement limité. Dans ce cas, **une discordance peut survenir entre l'intention motrice et le mouvement réel**. Il est possible que cette discordance contribue à générer la douleur, de la même manière qu'une incongruence vestibulo-visuelle peut générer un mal de mer.

Sachant que les **informations visuelles ont priorité sur les autres informations sensibles**, ceci pourrait permettre de « tromper » le cerveau en générant l'illusion que le patient possède deux membres sains.

4. Une analyse plus fouillée des effets de ces thérapies

Les mécanismes qui sous-tendent le mode d'action de la thérapie par miroir ne sont pas clairement compris.

L'hypothèse de **l'incongruence sensori-motrice** est soutenue par plusieurs arguments :

- Un miroir peut être utilisé pour générer une incongruence chez des sujets sains. Lorsque le mouvement effectivement réalisé diffère du mouvement visible, deux tiers des sujets rapportent des modifications sensibles variables, présentes essentiellement dans le membre caché.
- Il existe une région du cortex préfrontal dorsolatéral droit qui s'active lorsqu'existe une incongruence entre intention motrice, conscience du mouvement et feed-back visuel.

Plusieurs arguments suggérant que la **vision est susceptible de moduler la perception de la douleur**.

- Utilisation de miroirs associés à des lunettes rétrécissant la taille visible du membre, réduit la douleur fantôme dans un rapport de cas de patients amputé / de même que pour des patients souffrant de SDRC.
- Illusion de la « *main caoutchouc* »
 - La sensation de « *toucher* » ou de « *douleur* » implique beaucoup plus que l'activation de récepteurs sensoriels, elle résulte de **l'interaction complexe de réseaux neuronaux de plusieurs modalités sensorielles et peut notamment être modulée par la vision**.

D'autres expériences faisant intervenir la vision suggèrent l'implication des neurones miroirs.

Une autre hypothèse suggère que les miroirs pourraient contribuer à réduire la **kinésiophobie** :

Dans le SDRC aigu, la moindre mobilisation du membre est douloureuse, ce qui pourrait induire une association inconsciente entre mouvement et douleur, et donc générer une peur du mouvement. Il est possible que dans le SDRC chronique cette association persiste même si les causes de la douleur ont disparu. Dans ce cas, le travail avec miroir pourrait permettre de « *désapprendre* » cette association en exposant le sujet à l'image d'un mouvement indolore.

Des phénomènes attentionnels pourraient également être impliqués dans l'effet des miroirs. En effet, la thérapie par miroirs pourrait exercer un effet de distraction de l'attention du sujet, susceptible de réduire la douleur. Une

hypothèse opposée serait une augmentation de l'attention portée au membre atteint.

En effet, on sait que focaliser son attention sur les caractéristiques sensorielles de la douleur peut permettre de réduire la douleur (***alors que la focalisation sur les aspects émotionnels peut augmenter la douleur***). De plus, sachant que les patients souffrant de SDRC présentent une tendance à négliger leur membre, il est possible que le miroir favorise une réintégration du membre dans le schéma corporel.

Il est probable que le traitement par feed-back visuel par miroirs agisse en partie via des **modifications d'excitabilité du cortex moteur**. Il est en effet possible que l'incapacité fonctionnelle observée chez certains patients (*notamment ceux souffrant de SDRC après un AVC*) soit en partie liée à une « **paralysie apprise** ».

5. Des études contrôlées parfois divergentes

Il n'existe que peu d'études contrôlées testant ce type de traitement et celles-ci sont de faible qualité méthodologique, notamment en raison de la difficulté de respecter la condition du double insu et de proposer un traitement placebo crédible (*comme pour tous les traitements de rééducation*).

6. Comment expliquer ces divergences ?

Une première explication tient à la **variabilité des protocoles** (*durées et fréquences des séances, explications données aux patients, temps de contact avec les thérapeutes*), ainsi qu'aux effets aspécifiques des traitements (*notamment l'effet placebo*).

Deuxièmement, plusieurs arguments **suggèrent que certains patients pourraient bénéficier plus que d'autres des effets des traitements par feed-back visuel avec miroirs**.

McCabe développe le **concept d'extinction motrice**. Ce phénomène apparaît chez **certains patients, notamment souffrant de SDRC. Alors que ces patients croient que la main cachée derrière le miroir bouge en même temps que la main saine, il n'en est rien**. Ce phénomène serait un facteur de **mauvais pronostic** et est proposé comme étant une contre-indication du traitement avec miroir.

La **qualité de l'illusion** : il semble que ce traitement soit de peu de valeur chez les patients qui ne parviennent pas à percevoir le membre vu dans le miroir comme leur appartenant effectivement. Ceci est probablement d'autant plus difficile que le membre pathologique est perçu comme très anormal en termes de taille et/ou de position.

Il est possible que le traitement par feedback visuel avec miroirs ait un effet variable selon le type de symptômes présentés par le patient. Soulagement chez des amputés sur les douleurs fantômes qualifiées de « *profondes* » par comparaison aux douleurs considérées comme « *superficielle* ».

7. Comment faire en pratique ?

Il n'existe pas de consensus dans la littérature concernant les protocoles à proposer. Quelques recommandations peuvent cependant être faites.

L'importance des explications données au patient, car **la confiance dans le traitement proposé est essentielle pour favoriser une bonne adhérence**. Une piste est d'amener **au préalable** le patient à **prendre conscience des altérations sensorielles associées au problème de douleur et de leur**

caractère anormal. Ceci permet de présenter le miroir comme un « truc » permettant de tromper le cerveau et corriger la perception du membre. L'analogie du mal de mer peut être utile pour expliquer comment une discordance entre sensations peut générer des symptômes désagréables. Il pourrait être également important de standardiser les informations fournies afin de limiter les biais dans l'évaluation du traitement prodigué.

Il est utilisé de demander au patient ce qu'il pense pouvoir réaliser à son domicile et le visualiser avec lui, s'assurer qu'il a un miroir accessible de deux côtés et suffisamment grand, s'il a une pièce calme, lui demander à quelle heure il compte le faire afin d'augmenter sa motivation et son engagement dans le projet.

Il est proposé au patient de **commencer par regarder l'image du membre sain dans le miroir, sans mouvement et d'essayer de croire qu'il s'agit de son membre pathologique.** Puis suggérer de réaliser des mouvements lents, bilatéraux. Il est utile que le thérapeute vérifie derrière le miroir si le membre affecté participe au mouvement. Si ce n'est pas le cas (extinction motrice), on propose d'arrêter le traitement ou de le limiter à l'observation d'un membre immobile.

8. Y a-t-il des contre-indications et des effets secondaires ?

Plusieurs contre-indications : l'existence d'une extinction motrice, la majoration des symptômes lors du traitement et enfin l'incapacité du patient à croire à l'illusion.

Il semble qu'une **majoration des symptômes soit plus fréquente si les mouvements réalisés sont perçus par le patient comme étant trop difficile.**

(Casale R and al., 2009) analysé l'incidence des effets secondaires chez des patients souffrant de douleurs post-amputation : 19 patients sur 33 rapportent confusion et sensations ébrieuses, sensation mal définie d'irritation.

9. Quelles sont les perspectives pour le futur ?

Des **stimulations multisensorielles** pourraient être utilisées : un rapport de cas dans lequel le patient faisait mine de frapper dans les mains et était accompagné par sa mère claquant réellement des mains, générant ainsi un bruit augmentant la crédibilité du mouvement.

10. Conclusion

Il s'agit d'une approche élégante, non invasive et peu coûteuse, basée sur plusieurs hypothèses physiopathologiques non exclusives.

Combinaison avec une approche multidisciplinaire réadaptative. Des études sont nécessaires afin de mieux préciser les patients potentiellement répondeurs ainsi que les protocoles recommandés.

**COMMENTAIRE OU
QUESTIONNEMENT
SECONDAIRE**

Eléments importants pour :

- Les personnes souffrant de **douleurs chroniques** présentent de **nombreuses altérations sensorielles**.
- Existe une **corrélation** entre l'**intensité** et la **chronicité** des **douleurs**, les **anomalies sensorielles** et des **phénomènes de neuroplasticité**.
- Le rôle potentiel d'une **discordance entre les informations visuelles** (*sensibilité tactile, proprioceptive, vision...*) et l'**intention motrice**
- les **informations visuelles ont priorité sur les autres informations sensibles**, ceci pourrait permettre de « tromper » le cerveau en générant l'illusion que le patient possède deux membres seins.
- **concept d'extinction motrice**
- **confiance dans le traitement proposé est essentielle pour favoriser une bonne adhérence.**
- **commencer par regarder l'image du membre sain dans le miroir, sans mouvement et d'essayer de croire qu'il s'agit de son membre pathologique**
- **Plusieurs contre-indications** : l'existence d'une extinction motrice, la majoration des symptômes lors du traitement et enfin l'incapacité du patient à croire à l'illusion.
- **majoration des symptômes soit plus fréquente si les mouvements réalisés sont perçus par le patient comme étant trop difficile.**

Questionnement secondaire :

- Est-ce qu'il y aurait un potentiel danger, par ces séances de thérapie miroir, d'altérer ou de restaurer un schéma moteur discordant, par le fait que le miroir ne reflète pas l'activité de la marche de manière alternée ?

FICHE LECTURE N°2 :

**Calvo-Merino, B ; Glaser, D.E. ; Grèzes, J ; Passingham, RE ;
Haggard, P. 2005**

***Action observation and acquired motor skills : an fMRI study with
expert dancers***

Cerebral cortex august ; 15 :1243-1249

AUTEURS	B. Calvo-Merino, D.E. Glaser, J. Grèzes, R.E. Passingham and P. Haggard
TITRE	Action observation and acquired motor skills : An fMRI Study with expert dancers <i>Observation d'actions et compétences motrices acquises : une étude par IRMf sur des danseurs professionnels</i>
TYPE DE DOCUMENT	Article Scientifique
SOURCE (Revue, éditeur) + localisation de l'ouvrage, bibliothèque, côte	Cerebral cortex Google Scholar (<i>base de données</i>)
DATE DE PARUTION	2005
NOMBRE DE PAGES (n° de pages)	7 pages (1243-1249)
PLAN DE L'ARTICLE	1. Abstract/ Résumé 2. Introduction/Introduction 3. Materials and methods/ Matériels et méthodes 3.1 Subjects/ Sujets 3.2 Stimuli and fMRI Task / Stimulis et taches IRMf 3.3 Scanning and data analysis / Scann et data analyses 3. Results / Résultats 4. Discussion / Discussion 5. Conclusions / Conclusions References / <i>Références</i>
ELEMENTS DE L'ARTICLE EN LIEN AVEC LA PROBLEMATIQUE	Key words: biological motion ; expertise ; intraparietal ; mirror neurons ; motor repertoire ; premotor cortex Mots-clés: <i>mouvement biologique ; expertise ; intrapariétale ; neurones miroirs ; répertoire moteur ; cortex prémoteur</i>
	<p style="text-align: center;">Eléments détaillés :</p> <p>Résumé : Lorsque nous regardons quelqu'un réaliser une action, est-ce que notre cerveau simule la réalisation de cette action ? Les compétences motrices acquises représentent un moyen unique de vérifier ce phénomène, étant donné le fait que les individus sont très différents du point de vue des actions qu'ils ont appris à réaliser. Nous avons utilisé l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle pour étudier les différences de l'activité cérébrale entre le fait de regarder une action déjà apprise à réaliser et le fait d'en réaliser une non préalablement apprise.</p> <p>Cela dans le but d'évaluer si les mécanismes cérébraux intervenant dans l'observation d'action sont modulés par l'expertise et le répertoire moteur de l'observateur. Des experts en danse classique, des experts en capoeira et des sujets contrôles non initiés ont observé des vidéos de ballet et de capoeira. En comparant l'activité cérébrale entre les danseurs regardant leur propre style de danse par rapport à regarder l'autre style de danse nous a permis de constater l'influence de l'expertise motrice dans l'observation d'actions. Nous avons observés de plus grandes activations bilatérales au niveau du cortex prémoteur et de la scissure intrapariétale, du lobe pariétal supérieur droit et de la scissure temporale postéro-supérieure gauche, lorsque les danseurs professionnels regardaient des mouvements qu'ils avaient été entraînés à réaliser, par rapport à des mouvements pour lesquels ils n'avaient pas reçus d'entraînements. Nos résultats ont montré que ce</p>

« système miroir » intégrait les actions observées que d'autres réalisaient dans le répertoire moteur d'un individu donné. Cela suggère que le cerveau humain comprend les actions motrices par simulation de celles-ci.

Introduction : Des études précédentes ont suggéré que l'activité du système des neurones miroirs code spécifiquement pour les actions motrices d'un élément biologique. Tout d'abord, regarder une main artificielle en action entraîne une activation moindre du système neurone miroir que de regarder une véritable main en action (*Perani et al., 2001 ; Tai et al., 2004*). Ensuite, des actions biomécaniques non réalisables n'activent pas le système miroir (*Stevens al., 2000*). Enfin, Buccino al., 2004, ont réalisé une étude comparant des actions non spécifiques ; il en est sorti que les actions faisant partie du répertoire moteur de l'observateur se retrouvaient cartographiées dans son système moteur. **Ces résultats suggèrent que le système miroir humain soit sensible au degré de correspondance entre les actions observées et les capacités motrices de l'observateur.**

Les humaines ont un répertoire moteur comportant des actions beaucoup plus complexes que de simples actions objet-orientées, et une capacité à acquérir et perfectionner des compétences motrices apparemment sans limite. **Ainsi, le répertoire moteur de chaque individu se retrouve contraint non seulement par l'anatomie musculo-squelettique courante, mais également par ses compétences motrices acquises. Une action particulière peut être retrouvée dans le répertoire moteur d'un expert entraîné, mais pas chez quelqu'un qui n'a pas été entraîné à ce point.**

Type d'étude : Essai contrôlé mais non randomisé

Hypothèse/Problématique : L'activité des cortex pariétal et prémoteur devrait être supérieure chez des individus qui ont déjà appris à réaliser une action qu'ils observent, par rapport à des individus qui n'ont pas appris à réaliser cette action.

Objectifs : Nous avons donc utilisé les compétences motrices acquises comme un moyen d'étudier précisément le calibrage des mécanismes miroirs cérébraux. Nous avons étudié des groupes d'individus avec des compétences motrices différentes, dans le but de vérifier si le système cérébral de l'observation d'actions est calibré précisément sur le répertoire moteur d'un individu.

Nous avons testé cette hypothèse au moyen d'imagerie fonctionnelle par IRMf lorsque les professionnels de ballet et de capoeira regardaient des vidéos de ballet et de capoeira. Ainsi, les deux groupes ont reçu des stimuli identiques, mais avaient des compétences motrices dans le seul style de danse qu'ils connaissaient. Nous avons étudié spécialement ces deux groupes de professionnels pour plusieurs raisons. Premièrement, chaque style de danse met en jeu une série de mouvements distincte et bien définie. Deuxièmement, plusieurs mouvements de danse classique masculine et de capoeira sont comparables sur le plan cinématique. Troisièmement, la danse met en jeu de manière arbitraire des mouvements intrinsèques du corps entier. Contrairement à l'action d'attraper, utilisée précédemment pour étudier le système miroir chez le primate (*Grafton et al., 1996 ; Rizzolati et al., 1996 ; Gallese al., 1996, 2002*), les mouvements de danse ne nécessitent pas d'objets externes, ou autre cible spatiale externe. Ainsi, toutes les différences observables entre les deux groupes de danseurs ne reflètent que les effets de

l'expertise des danseurs dans l'observation d'actions, et non pas la représentation ou la localisation de l'objet envers lequel l'action est dirigée. **Dans le cas de d'autres compétences motrices acquises, comme les jeux de ballon, l'observation d'actions et la représentation d'objets ne doivent pas être si facilement dissociables.** Un troisième groupe supplémentaire composé de non-initiés a été étudié.

→ Si les différences dans l'observation d'actions entre les deux groupes de danseurs sont réellement dus aux différences d'expertise entre ces deux groupes, nous prévoyions que ce groupe contrôle composé de non initiés manifeste une activité similaire en observant les deux types de danse.

Critère de jugement principal : Activité des cortex pariétal et prémoteur

Moment de prise des mesures : En même temps que se déroulait l'étude

Sujets étudiés :

- 10 professionnels de danse de ballet du Royal Ballet London
 - 9 professionnels de danse de capoeira
 - 10 sujets contrôles non experts en danse
- **Non randomisation des sujets**

Critères d'inclusion : Tous les sujets étaient droitiers, âgés de 18 à 28 ans, avec une vision normale et sans antécédents neurologiques et psychiatriques. Les danseurs professionnels ont été sélectionnés en s'assurant qu'ils n'avaient pas eu de formations dans d'autres styles de danse.

Protocole : Des vidéos en couleur de ballet de danse classique et de capoeira ont été enregistrés en utilisant un appareil photo numérique. Les mouvements ont été effectués par des professionnels avec la même tenue, apparence et vêtement sur un fond neutre. Un chorégraphe professionnel se déplaçait selon des critères de vitesse, partie du corps employé, emplacement du corps dans l'espace et la direction du mouvement du corps. Ce processus a produit 12 paires de 3 vidéos. Les visages des danseurs ont été floutés pour faire en sorte que les sujets de l'étude se concentrent plus sur la cinématique du corps que sur les traits émotionnels du visage. Pendant l'expérience, chaque vidéo a été répétée quatre fois. L'ordre de passage a été randomisé. Les sujets ont été formés pour pouvoir indiquer le niveau de fatigue qu'impliquait chaque mouvement, en appuyant sur une des trois touches avec les trois doigts de la main droite. Pour éviter la préparation motrice, l'assignation des boutons à des catégories de réponse a été randomisée.

Analyses statistiques : Test ANOVA

Résultats : Les résultats montrent une activation bilatérale dans le cortex pré moteur qui correspond à l'effet d'expertise. Nous avons aussi trouvé des activations bilatérales significatives dans le cortex intrapariétales et dans le cortex supérieur du lobe pariétal droit. (...) Bien que nous montrons des activations bilatérales dans les cortex prémoteur et intrapariétal, les amas de ces activations ont été plus importants dans l'hémisphère gauche que dans le droit.

Ainsi, les danseurs experts de ballet ont montré une plus grande activité dans ces zones lorsqu'ils regardaient des mouvements de ballet que lorsqu'ils regardaient des mouvements de capoeira, tandis que les danseurs de capoeira ont montré l'effet inverse.

Discussion : Ainsi, alors que tous les groupes ont vu les mêmes stimuli, les zones des neurones miroir de leur cerveau ont répondu aux stimuli en fonction de l'expertise motrice spécifique de l'observateur. Ceci suggère que l'observation d'action peut recruter de telles zones de neurones miroir dans la mesure où l'action observée est représentée dans le répertoire moteur personnel du sujet, à savoir si le sujet a acquis les habilités motrices pour effectuer ces actions.

Pour le groupe contrôle, composé de sujets qui n'ont aucune expérience motrice de danse classique ou de capoeira, aucune différence d'activité cérébrale n'a été observée.

Nos résultats montrent que le système miroir est dépendant par l'observation des mouvements qualifiés et non pas par les muscles mis en jeux.

Conclusion :

Nous avons démontré la présence **d'un effet des compétences motrices acquises sur l'activité cérébrale lors de l'observation d'actions**. Le réseau des aires motrices impliquées dans la préparation et l'exécution d'actions se retrouve également activé par l'observation de ces actions. **Crucialement, cette activation était également plus importante lorsque le sujet avait déjà une représentation motrice spécifique de l'action qu'il observait.** Ainsi, le système miroir dans les cortex prémoteur et pariétal ne répond pas simplement aux actions cinématiques visuelles des mouvements du corps, **mais transforme ces influx visuels en capacités motrices spécifiques chez l'observateur.**

Nous avons conclu que l'observation d'actions met en jeux des **représentations motrices individuelles et acquises**, dans le système miroir humain. Nos résultats viennent supporter les théories de la « simulation » (*Gallese and Goldman, 1998*), selon lesquelles la perception d'action met en jeux une activité motrice « couverte/terrée/secrete » (*Jeannerod, 1994 ; Grèzes and Decety, 2001 ; Rizzolati et al., 2001*). Cette activation des représentations motrices à travers l'observation simple pourrait avoir des applications intéressantes dans la stimulation de l'apprentissage moteur et la rééducation motrice.

**COMMENTAIRE OU
QUESTIONNEMENT
SECONDAIRE**

- Le système miroir humain soit sensible au degré de correspondance entre les actions observées et les capacités motrices de l'observateur.
- Le répertoire moteur de chaque individu se retrouve contraint non seulement par l'anatomie musculo-squelettique courante, mais également par ses compétences motrices acquises. Une action particulière peut être retrouvée dans le répertoire moteur d'un expert entraîné, mais pas chez quelqu'un qui n'a pas été entraîné à ce point.
- Bien que nous montrions des activations bilatérales dans les cortex prémoteur et intrapariétal, les amas de ces activations ont été **plus importants dans l'hémisphère gauche que dans le droit.**
- L'observation d'action peut recruter de telles zones de neurones miroir dans la mesure où l'action observée est représentée dans le répertoire moteur personnel du sujet, à **savoir si le sujet a acquis les habilités motrices pour effectuer ces actions.**
- Présence d'un effet des compétences motrices acquises sur l'activité cérébrale lors de l'observation d'actions.
- Crucialement, cette activation était également plus importante lorsque le sujet avait

déjà une représentation motrice spécifique de l'action qu'il observait.

- Le système miroir dans les cortex prémoteur et pariétal ne répond pas simplement aux actions cinématiques visuelles des mouvements du corps, **mais transforme ces influx visuels en capacités motrices spécifiques chez l'observateur.**
- Nous avons conclu que l'observation d'actions met en jeu des **représentations motrices individuelles et acquises**, dans le système miroir humain.
- ➔ Existence d'un renforcement directe entre le répertoire moteur et les neurones miroirs
- ➔ Démontre que les neurones miroirs sont activés même sans répertoire moteur mais que si le répertoire est présent, il y a une sollicitation beaucoup plus importante

FICHE LECTURE N°3 :

Choi, M; Jusang, Y; Shin, S; Lee, W. 2015

The effects of stepper exercise with visual feedback on strenght, walking and stair climbing in individuals following stroke.

J.Phys.Ther.sci. Vol 27 n°6; 4 : 1861-1864

AUTEURS	Musang Choi, PT, MSc, Jusang Yoo, PT, MSc, Soonyoung Shin, JD, Wanhee Lee, PT, PhD
TITRE	The effects of stepper exercise with visual feedback on strength, walking, and stair climbing in individuals following stroke <i>Les effets des exercices avec un stepper avec un feedback visuel sur la force, la marche et la montée d'escaliers chez des patients post-AVC</i>
TYPE DE DOCUMENT	Article Scientifique (<i>Niveau A= essai contrôlé et randomisé</i>)
SOURCE (Revue, éditeur) + localisation de l'ouvrage, bibliothèque, côte	J.Phys. Ther. Sci. Vol.27, n°6 Google Scholar (<i>base de données</i>)
DATE DE PARUTION	Mars 2015
NOMBRE DE PAGES (n° de pages)	4 pages (p.1861-p.1864)
PLAN DE L'ARTICLE	Abstract/ Résumé 1. Introduction / Introduction 2. Subjects and Methods / Sujets et Méthodes 3. Results / Résultats 4. Discussion / Discussion 5. Conclusions / Conclusions References / Références
ELEMENTS DE L'ARTICLE EN LIEN AVEC LA PROBLEMATIQUE	Mots-clés : Accident vasculaire cérébral ; Escaliers ; Feedback visuel Keywords : Stroke, Stairs, Visual feedback
	Eléments détaillés : Type d'étude : essai contrôlé et randomisé (<i>preuve scientifique A</i>) Objectifs : Le feedback visuel et le retour extrinsèque améliore la performance du mouvement, ce qui augmente l'efficacité de la rééducation. En conséquent, le but de cette étude est d'étudier l'effet de l'exercice par le stepper avec un feedback visuel, sur la force des membres inférieurs et le mouvement fonctionnel des patients hémiplegiques post-AVC. Critère de jugement principal : - Force musculaire des extenseurs de hanche et de genou évaluée par en kg - La marche évaluée avec le test de 10m - Les escaliers évaluée avec un test de la montée de 11 marches d'escaliers L'intensité des exercices a été évaluée par l'échelle de Borg Moments de prise des mesures : Avant le traitement par la thérapie miroir, après le traitement par la thérapie miroir . Population source : Patients atteints de leurs primo AVC (<i>hémorragique ou ischémique</i>) en phase subaiguë. Sujets étudiés : 26 patients hospitalisés avec une hémiparésie suite à un AVC. Etude randomisée , la répartition des patients dans le groupe expérimental ou le groupe contrôle a été effectuée en utilisant des nombres aléatoires générés par ordinateur. Critères d'inclusion : - Premier AVC unilatéral avec une hémiparésie au cours des six mois précédents - Capacité d'effectuer une marche indépendante sur 10m - Capacité de monter les escaliers de manière indépendante

- Aucune déficience visuelle
- Examen Mini-Mental State (MMS) > 24

Critères d'exclusion :

- Orthopédiques, médicaux et/ou des conditions douloureuses
- Aphasie
- Maladie cardio-vasculaire
- Participation au sein d'une expérience similaire précédemment

Pré-test :

- Test de marche de 10m
- Montée de 11 marche d'escaliers
- Force musculaire des extenseurs de hanche et de genou évaluée en kg

Protocole :

Les deux groupes ont bénéficié d'une **rééducation dite classique**, cinq jours par semaine, de deux à cinq heures par jours, pendant 6 semaines. Cette rééducation est spécifique au contexte pathologique du patient.

Le **groupe test** a reçu **30 minutes** supplémentaires par jour de rééducation par la thérapie miroir, **3 jours** par semaine, durant **6 semaines**. Les patients étaient installés entre les barres parallèles, pour la sécurité, sur un stepper avec un miroir sagittal et un miroir placé perpendiculairement à ce dernier afin de refléter l'image du patient et permettant ainsi le contrôle du buste.

Le **groupe contrôle**, dit placebo, a bénéficié du même temps de thérapie supplémentaire, soit 30 minutes de stepper mais sans système de miroirs.

Analyses statistiques :

Toutes les variables des résultats ont été distribuées normalement. Les résultats des deux groupes ont été comparés en utilisant les tests t-test et Mann-Whitney U. Le test-t pour échantillons appariés a été utilisé pour comparer les différences pré et post test au sein de chaque groupe. Le test-t pour échantillons indépendants a été utilisé pour comparer l'évolution entre le groupe test et le groupe contrôle.

Il n'y a **pas eu d'observation d'effets indésirables au sein de l'étude.**

Tous les paramètres évalués, ont augmenté de manière significative au sein des deux groupes.

Il est noté une amélioration significative de la force musculaire des extenseurs de hanche du membre inférieur non parétique du groupe test vis-à-vis du groupe contrôle. De même pour la force musculaire des extenseurs de hanche du membre inférieur parétique, du test de 10m marche et de la montée de 11 marches d'escaliers. Cependant il n'y a pas eu de différence significative concernant la force musculaire des extenseurs de genou entre les deux groupes testés.

Conclusion :

Cette étude révèle que chez les patients atteints d'une hémiparésie suite à un AVC, la thérapie miroir associée à une rééducation conventionnelle, permet **d'améliorer la force musculaire des muscles de la hanche, la vitesse de marche et la capacité de monter des escaliers** pour le membre inférieur parétique.

De plus, cette étude met en évidence que l'application de la TM doit être pensée avec des mouvements orientés vers la fonction. Le fait d'utiliser un stepper fait appel à la montée des escaliers au quotidien pour le patient et permet de renforcer les extenseurs de genou.

D'après *Novak and al 2012*, il a été montré que les patients trouvent qu'il est extrêmement difficile de monter les escaliers après un AVC.

**COMMENTAIRES OU
QUESTIONNEMENT
SECONDAIRE**

- Mouvements orientés vers **la fonction** : importance de la montée d'escaliers et la marche +++
- Mouvements en **CCF**
- Le protocole est composé d'une séance de 30 min par jour de TM, 5 fois par semaine. Dans la majorité des essais où seule la TM est étudiée, nous retrouvons un entraînement lourd à la même fréquence pendant une période de 4 à 6 semaines. Il est à noter que l'augmentation des performances semble être en étroite corrélation avec le temps d'application de la thérapie.
- De plus, **plusieurs critères de jugements sont considérés** : la force musculaire, la vitesse de marche et la montée d'escaliers. Face à ces évaluations multiples, il aurait pu être **intéressant d'ajuster le risque alpha de 5%, à une valeur plus haute ?**
- L'apport de la rééducation miroir est mis en relation à celui d'une rééducation dite classique. Or cette dernière **n'est pas suffisamment détaillée** pour permettre une comparaison objective des différents protocoles.
- Il n'y a **pas de distinction entre les sujets atteints d'un AVC droit et gauche**. Or, les répercussions cognitives sont plus importantes lors d'un AVC droit, qui pourrait se traduire par des effets différents en terme d'efficacité, de la TM.
- Dans les critères d'inclusions, il y a les scores de test des cloches pour évaluer l'hémi-négligence, le Mini Mental State, ce qui exclut peut être une part trop importante de patients hémiplegiques ?
- Il aurait pu être préférable **d'utiliser des techniques d'imagerie (IMRf ou tomographie par émission de positons)** qui auraient pu **vérifier la réorganisation cérébrale après la thérapie miroir (Marian E. et al., 2011)**. Mais ces méthodes d'imagerie sont lourdes et coûteuses à mettre en place.

FICHE LECTURE N°4 :

Fogassi, L. 2012

Physiopathologie : Les neurones miroirs

EMC – Actualités en Neurosciences; 6 : 143-148

AUTEUR	L. Fogassi Universita degli di Parma, Department of Neurosciences. Section of Physiology, via Volturno.
TITRE	Physiopathologie : Les neurones miroirs <i>The mirror neurons</i>
TYPE DE DOCUMENT	Article de revue
SOURCE (Revue, éditeur) + localisation de l'ouvrage, bibliothèque, côte	Editeur Elsevier Masson consulte (<i>base de données</i>), www.em-consulte.com Actualités en Neurosciences
DATE DE PARUTION	2012
NOMBRE DE PAGES (n° de pages)	6 pages (p.143-148)
PLAN DE L'ARTICLE	Résumé / Abstract <ol style="list-style-type: none"> 1. Les neurones miroirs 2. Le concept du système moteur 3. Caractéristiques des neurones 4. Le système moteur chez l'être humain 5. La plasticité du système 6. Les possibilités d'utilisation pour des situations de rééducation chez l'enfant et chez l'adulte Déclaration d'intérêts Références
ELEMENTS DE L'ARTICLE EN LIEN AVEC LA PROBLEMATIQUE	Mots-clés : Singe ; geste ; action/observation ; le but Keywords : <i>Monkey ; motor acts ; action observation ; goal</i>
	Eléments détaillés : <ol style="list-style-type: none"> 1. Les neurones miroirs La tâche essentielle du cortex moteur est de codifier l'objectif de l'action. 2. Le concept du système moteur Les cortex temporaux, pariétaux et moteurs sont liés entre eux par des circuits actifs qui traitent les informations sensorimotrices de différentes actions. <ul style="list-style-type: none"> ➤ = système moteur D'un point de vue neurophysiologique de nombreux neurones dans le cortex moteur codent le mouvement, mais surtout l'objectif, la cible de ce mouvement. 3. Caractéristiques des neurones Ces neurones peuvent coder les mouvements en fonction des différents objectifs, non pas sur le mouvement proprement dit mais sur la manière de conduire le mouvement. Groupe d'étude a entraîné un singe à saisir un aliment avec deux types de pinces. <ul style="list-style-type: none"> - L'une avec laquelle il faut serrer pour prendre l'aliment - L'autre il faut faire un mouvement inverse pour prendre l'aliment <ul style="list-style-type: none"> • Observation : le neurone qui code la saisie décharge visiblement pendant le mouvement quelle que soit la pince utilisée. <ul style="list-style-type: none"> ➤ Remonte plus à l'objectif du mouvement qu'au fait de serrer l'aliment pour le saisir. Dans le système pariétal comme dans le cortex moteur, il existe des

neurones qui sont liés à **l'objectif de l'action**, presque comme s'il s'agissait **d'un stock de vocabulaire en termes de représentation motrice**, qui servent ensuite pour l'exécution du geste.

La question maintenant est de savoir si à partir de ces propriétés peuvent s'associer d'autres propriétés comme les propriétés cognitives ?

Expérience avec des primates: observation au moyen d'une vidéo où le son émis traduit avec plus ou moins d'intensité l'activité neuronale.

- Le neurone miroir est activé quand le singe agit lui-même aussi bien que lorsqu'il voit la personne effectuer la même action.
- Il y a plus d'activité neuronale lorsque la personne fait le geste et qu'il n'y a plus d'objet à saisir.
- Les neurones miroirs répondent à l'acte moteur de l'agent observé, parce que **cette observation récupère la représentation de cet acte moteur conservé en mémoire dans le vocabulaire moteur**.
- Mise en place d'un écran et l'action est répétée mais elle n'est plus entièrement visible.
- **Si je fais un geste, vous reconnaissez de quel geste il s'agit parce que les neurones gardent en mémoire la partie essentielle/cruciale, c'est à dire la représentation mentale.**

Il a été montré que certains neurones réagissent quand **l'action se produit dans l'espace vital proche du singe**. En revanche, ce sont d'autres neurones qui sont activés quand le geste est exécuté loin de lui.

- Il existe différents types de neurones miroirs. Un premier type réagit dans l'espace péri-personnel, un second type dans l'espace extra-personnel. Mais aussi qu'il existe un troisième type de neurones qui sont indifférenciés.
- **La distance entre l'observateur et la personne qui agit a toute son importance.**
- L'utilité des neurones miroirs non seulement pour comprendre le geste, mais aussi pour **interpréter certaines conséquences que peut avoir le geste.**

La propriété première des neurones miroirs, c'est la congruence entre l'information visuelle et la réponse motrice.

4. Le système moteur chez l'être humain

On a ainsi compris que le cortex moteur et pariétal peut être organisé comme une **carte** pendant l'observation des actions.

D'autres études ont montré l'existence de ces circuits chez les être humains adultes **comme chez l'enfant**.

5. La plasticité du système

L'intérêt est d'avoir montré chez le primate l'existence d'une plasticité, et que cette plasticité joue un rôle dans le système des neurones miroirs.

Etude de Calvo-Merino en 2004: étude un groupe de danseurs classiques expérimentés et un second groupe de personnes expérimentées à danser la capoeira.

- Les danseurs experts dans les deux danses eurent une activation neuronale supérieure à celle des personnes sans grande expérience de ces danses
- Ceux qui pratiquaient la danse classique réagirent plus au spectacle de danse classique que les danseurs de capoeira.
- Pour ceux qui ne pratiquaient pas en experts les deux danses, il n'y eut aucune différence dans l'action des neurones.

Chez certains sujets la **plasticité est toujours présente dans les cas de troubles moteurs**. Elle pourrait être utilisée par une rééducation s'appuyant principalement sur l'observation.

6. Les possibilités d'utilisation pour des situations de rééducation chez

L'enfant et chez l'adulte

Etude avec IRMf: a montré que pendant la période de traitement et après, il y avait une **amélioration des résultats** exprimés par les échelles fonctionnelles d'évaluation. Il s'agissait de sujets ayant souffert d'AVC survenus un an avant. Au cours de l'IRMf, il leur était demandé une action complexe. **Il y avait toujours une activation du cortex moteur pendant l'observation et l'exécution du geste de préhension.** En fait, on enregistre la partie contra-lésionnelle et ipsi-lésionnelle du cortex. **Apparaissent donc de nouvelles zones d'activation**, ce qui très encourageant parce que c'est la preuve qu'on **peut renforcer les performances motrices.** D'autres chercheurs ont obtenu aussi de bons résultats en utilisant un système de rééducation par la réalité virtuelle avec des patients souffrants d'AVC aigus.

L'objectif principal du système moteur est de **coder l'objectif d'une action et ensuite d'effectuer cette action.**

La **capacité à comprendre l'intention d'un geste et son objectif est profondément enracinée dans l'organisation du système moteur.** Et au delà dans la constance de l'action, l'activation du système miroir peut déclencher différents types d'attitudes comportementales.

Le système moteur peut être **modulé par l'expérience** ce qui en fait un très bon candidat pour des traitements de rééducation s'appuyant sur l'observation.

COMMENTAIRE OU QUESTIONNEMENT SECONDAIRE

Eléments importants pour :

- Tâche du système moteur : codifier **l'objectif** de l'action
- Dans le système **pariétal** comme dans le **cortex moteur** : des neurones qui sont liés à **l'objectif de l'action = stock de vocabulaire en termes de représentation motrice**
- Neurones miroirs espace péri-personnel, extra-personnel et indifférenciés = action dans l'espace vital +++ activités neuronales
- **Propriété première des neurones miroirs = la congruence entre l'information visuelle et la réponse motrice.**
 - Mettre en place des mouvements fonctionnels, avec des objectifs concrets pour le patient
 - Pouvoir stimuler la « carte » des différentes représentations motrices stockées dans le système moteur.
 - La structure en miroir doit permettre une visualisation de l'action effectuée dans l'espace péri-personnel du patient

FICHE LECTURE N°5 :

**Ji, SG, PT, PhD, Cha, HG, PT, MS; Kim, MK, PT, PhD; Lee, CR,
PT, PhD. 2014**

*The effect of mirror therapy integrating functional electrical
stimulation on the gait of stroke patients*

Journal Phys. Ther. Sci. 26: 497-499, 2014

AUTEURS	Sang-Goo, JI, PhD ; Hyun-Gyu Cha, PT, MS, Myoung-Kwon Kim, PT, PhD, Chang-Ryeol Lee, PT, PhD.
TITRE	The effect of mirror therapy integrating functional electrical stimulation on the gait of stroke patients <i>L'effet de la thérapie miroir intégrant la stimulation électrique fonctionnelle sur la marche des patients post-AVC</i>
TYPE DE DOCUMENT	Article Scientifique (<i>Niveau A= essai contrôlé et randomisé</i>)
SOURCE (Revue, éditeur) + localisation de l'ouvrage, bibliothèque, côte	J.Phys.Ther.Sci n°26 Google Scholar (<i>base de données</i>)
DATE DE PARUTION	2014
NOMBRE DE PAGES (n° de pages)	3 pages (497-499)
PLAN DE L'ARTICLE	1. Abstract / Résumé 2. Introduction 3. Subjects and methods / Sujets et méthodes 4. Results / <i>Résultats</i> 5. Discussion / <i>Discussion</i> References / <i>Références</i>
ELEMENTS DE L'ARTICLE EN LIEN AVEC LA PROBLEMATIQUE	Key words : Mirror therapy ; Functional electrical stimulation ; Gait analysis Mots-clés : <i>Thérapie miroir ; Stimulation électrique fonctionnelle ; Analyse de la marche</i>
	Eléments détaillés : Type d'étude : Article Scientifique (<i>Niveau A= essai contrôlé et randomisé</i>) Objectifs : Examiner si la thérapie miroir en association avec la stimulation électrique fonctionnelle chez des patients victimes d'AVC peut améliorer la capacité de la marche. La stimulation électrique fonctionnelle est une méthode utilisée pour induire une amélioration du mouvement fonctionnel, comme la force musculaire et la capacité de marche avec une stimulation électrique chez les patients qui souffrent de maladies neurones moteurs supérieurs, tels que l'AVC, la sclérose en plaques et les lésions de la moelle épinière. <i>Sullivan and Hedman</i> , ont rapporté que la force musculaire, l'amplitude du mouvement et le mouvement fonctionnel sont plus améliorés après l'application à la fois de la tâche de performance et de la stimulation électrique fonctionnelle plutôt que l'application de la tâche performance fonctionnelle seule. <i>Peurala et al</i> , ont aussi reporté le fait que le groupe qui reçoit à la fois un entraînement à la marche et la stimulation électrique fonctionnelle montre une meilleure amélioration de la capacité de la marche qu'un autre groupe ne recevant uniquement l'entraînement à la marche. L'effet de la conjugaison de la tâche performance fonctionnelle avec la stimulation électrique fonctionnelle a été démontré chez des patients victimes d'AVC, mais l'effet de l'application à la fois de la thérapie miroir et de la stimulation électrique fonctionnelle n'est pas encore connue. Il n'y a pas de distinction entre le critère de jugement principal et les critères de jugement secondaires : les auteurs évaluent des paramètres de

la capacité de la marche :

- vitesse de marche (cm/s)
- cadence
- longueur du pas (cm)
- longueur de la foulée (cm)

Moments de la prise des mesures : Avant et après l'essai clinique

Population source : Patients hémiparésiques post-AVC.

Sujets étudiés : Cette étude a été conduite avec 30 patients qui ont été diagnostiqués avec une hémiparésie à la suite d'un AVC. Les sujets ont été randomisés et divisés en trois groupes :

- groupe expérimental 1 : 10 sujets qui ont reçu la thérapie miroir et la stimulation électrique fonctionnelle
- groupe expérimental 2 : 10 sujets qui ont reçu la thérapie miroir
- groupe contrôle : 10 sujets qui ont reçu une fausse thérapie

Critères d'inclusion : Non référencé

Critères d'exclusion : Non référencé

Protocole : 20 min, 5 jours/semaine durant 6 semaines. Les sujets des groupes expérimentaux I et II ont été chargés de s'asseoir sur une table à des fins thérapeutiques sur la base du programme de thérapie miroir proposé par Sütbeyaz, et d'utiliser un miroir de 60x90 cm de telle sorte que son angle peut être ajusté. Après avoir placé le miroir entre les deux membres inférieurs, le membre parétique a été placé derrière le miroir. L'angle du miroir est alors ajusté en fonction de la hauteur de l'assise du patient, de sorte que le mouvement du membre inférieur puisse être vu dans le miroir. Pour l'équipement de la stimulation électrique fonctionnelle, cette étude a utilisé le Microstim, qui est composé d'une paire d'électrodes (50x50 mm), d'un stimulateur et d'un commutateur au niveau du pied. Les câbles du commutateur du pied ont été attachés vers le bas de l'avant-pied du côté parétique et définis pour activer la FES dès que l'avant-pied du côté affecté décolle du sol. De plus, les patients ont été éduqués à créer des mouvements actifs simultanés de dorsiflexion des deux pieds.

→ Les mouvements sont réalisés de **manières bilatérale et synchrone**

Les patients ont dû réaliser la tenue de dorsiflexion durant 10 secondes, puis reposer le pied durant 5 secondes.

Le groupe expérimental II a dû réaliser le même entraînement mais sans l'application de courant électrique.

Le groupe contrôle n'a pas reçu de courant électrique, a dû réaliser le même entraînement avec le miroir qui a été recouvert d'un draps.

Une analyse de la marche a été réalisée à l'aide d'un système de capture de mouvement en trois dimensions, un dispositif de suivi en temps réel qui fournit des données en mode infrarouge au moyen de marqueurs réfléchissants qui ont été fixés à droite et à gauche au niveau des épines iliaques antérieures, épines iliaques postérieures, régions fémorales, épicondyles latéraux du genou, régions tibiales, malléoles latérales, seconde métatarsale et à la partie postérieure du calcanéum. Les sujets ont dû marcher sur une distance de 7 m à une vitesse jugée confortable pour eux.

Analyses statistiques :

Les groupes étaient homogènes avant le début de l'étude.

Un test t pour échantillons appariés a été utilisé pour évaluer l'évolution des performances avant et après l'étude. Pour réaliser une comparaison entre les groupes le test ANOVA a été utilisé. Après coup, le test de Fisher's a été utilisé avec un risque alpha fixé à 5%.

	<p>La vitesse, la cadence, la longueur du pas, et la longueur de la foulée de tous les groupes se sont améliorés de manière significatif après l'expérience ($p < 0,05$).</p> <p>Différence significative concernant la vitesse de marche après l'étude entre le groupe expérimental I et le groupe contrôle, entre le groupe expérimental II et le groupe témoin. Différences significatives concernant la longueur du pas et la longueur de la foulée après l'étude entre le groupe expérimental I et le groupe témoin.</p> <p>Discussion :</p> <p>D'après les résultats de cette étude, la vitesse, la longueur du pas et la longueur de la foulée dans le groupe expérimental I ont été améliorées après l'essai par rapport au groupe expérimental II et le groupe témoin. Ceci a montré que la thérapie miroir en association avec la stimulation électrique fonctionnelle est plus efficace pour améliorer la capacité de la marche que la thérapie miroir seule.</p> <p>Les limites de cette étude sont la petite taille de l'échantillon, ce qui implique une difficulté à généraliser les résultats et le fait que la durabilité des effets n'a pas été explorée. Les études futures devraient employer de plus grands échantillons et comparer les effets de la thérapie miroir avec d'autres moyens thérapeutiques.</p>
<p>COMMENTAIRE OU QUESTIONNEMENT SECONDAIRE</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Protocole de thérapie miroir n'incluant que des mouvements articulaires isolés de dorsiflexion de la cheville • Les mouvements des membres inférieurs sont réalisés de manière bilatérale et synchrone • L'association de la thérapie miroir avec la stimulation électrique fonctionnelle permettrait d'améliorer la vitesse, la longueur du pas et la longueur de la foulée • Analyse cinématique de la marche permet des résultats plus précis que l'échelle de la FAC modifiée • Pas de distinction entre le critère de jugement principal et secondaire • Association de la thérapie miroir avec d'autres moyens thérapeutiques peut être intéressante

FICHE LECTURE N°6 :

Kim, MK, PT, PhD; Ji, SG, PT, PhD; Cha, HG, PT, PhD. 2016
The effect of mirror therapy on balance ability of subacute stroke patients.

Hong Kong Physiotherapy Journal : 34, 27-32

AUTEURS	Myoung-Kwon Kim, PT, PhD, Sang-Gu Ji, PT, PhD, Hyun-Gyu Cha, PT, PhD
TITRE	The effect of mirror therapy on balance ability of subacute stroke patients <i>L'effet de la thérapie miroir sur la capacité d'équilibre des patients post-AVC en phase subaiguë</i>
TYPE DE DOCUMENT	Article Scientifique (<i>Niveau A= essai contrôlé et randomisé</i>)
SOURCE (Revue, éditeur) + localisation de l'ouvrage, bibliothèque, côte	Hong Kong Physiotherapy Journal (<i>Elsevier</i>) Google Scholar (<i>base de données</i>)
DATE DE PARUTION	2016
NOMBRE DE PAGES (n° de pages)	6 pages (27-32)
PLAN DE L'ARTICLE	<ol style="list-style-type: none"> 1. Abstract/ Résumé 2. Introduction/ Introduction 3. Methods/ Méthodes <ol style="list-style-type: none"> 3.1 Participants / Participants 3.2 Intervention / Intervention 3.3 Outcome Measures / Echelles de mesures <ol style="list-style-type: none"> 3.3.1 Balance index = BI 3.4 Statistical analysis / Analyses statistiques 4. Results / Résultats 5. Discussion / Discussion 6. Conclusion / Conclusion <p>References / <i>Références</i></p>
ELEMENTS DE L'ARTICLE EN LIEN AVEC LA PROBLEMATIQUE	<p>Keywords : Balance ; Mirror therapy ; Subacute stroke Mots-clés : Equilibre ; Thérapie miroir ; Phase subaiguë post-AVC</p>
	<p style="text-align: center;">Eléments détaillés :</p> <p>Type d'étude : Article scientifique, essai contrôlé et randomisé (<i>Niveau de preuve A</i>)</p> <p>Objectifs : S'interroger sur l'efficacité de la thérapie miroir sur la capacité d'équilibre parmi les patients en phase subaiguë post-AVC (<i>effets à court terme et à long terme 6 mois post-AVC</i>).</p> <p>Dans les recherches précédentes, les auteurs se sont concentrés sur l'application de la thérapie miroir principalement sur les fonctions du membre supérieur. Toutefois, étant donné les dommages du membre inférieur, d'autres études sont nécessaires pour étudier la question de la thérapie miroir et la capacité d'équilibre qui sont très liées aux fonctions du membre inférieur.</p> <p>Critère de jugement principal : Index d'équilibre = Balance index = BI. Indice d'équilibre a été obtenus en utilisant un système de mesure de l'équilibre (<i>Balance system SD, Biodex, NY, USA</i>), qui intègre un moniteur spécifique et une plate-forme de force, qui fournit jusqu'à 20° de l'inclinaison de la surface dans une gamme de 360° de mouvement avec un système de rétroaction visuelle.</p> <p>L'index d'équilibre se réfère à la capacité du participant à maintenir l'axe du corps vertical à l'intérieur d'un périmètre approprié du centre d'équilibre de l'angle d'inclinaison de la plate-forme. Un faible score de l'index d'équilibre,</p>

implique une excellente capacité d'équilibre. Dans l'évaluation de la capacité d'équilibre, l'indice global capte le changement d'oscillation global, l'indice de stabilité antéro-postérieur capte le changement sur le plan sagittal et l'indice de stabilité médio-latéral capte le changement sur le plan frontal. Autrement dit, l'indice de stabilité signifie le changement de mouvement sur la plateforme où une valeur élevée indique plus de mouvement lors du test.

Moments de prises des mesures : Pré et post-étude

Population source : Patients hémiplésiques post-AVC

Sujets étudiés : Patients hémiplésiques post-AVC

Critères d'inclusion :

- Capacité cognitive suffisante pour suivre les instructions (*Mini-Mental State Examination score >24*),
- Seulement une spasticité légère dans toutes les articulations du membre inférieur parétique (*Echelle d'Ashworth modifiée < 3*),
- Un score élevé pour le test musculaire manuel.

Critères d'exclusion :

- Troubles musculaires-squelettiques et opération des membres inférieurs,
- Limitation de l'écart/amplitude de mouvement du membre inférieur,
- Hémiparésie unilatérale, hémianopsie ou apraxie,
- Problèmes psychologiques ou émotionnels.

Protocole :

La thérapie miroir a été réalisée n utilisant une **version modifiée** de celle décrite dans l'étude de S.Sütbeyaz et al. Un miroir est monté sur un support incliné vers le côté parétique du corps, pour empêcher le patient de visualiser son membre parétique. Pour le groupe test, la face réfléchissante a été maintenue du côté non parétique. Les exercices effectués dans une **position**

semi-assise sont :

- Flexion de hanche, genou et cheville
- Extension de genou avec une dorsiflexion de cheville
- Flexion de genou au delà de 90°

Le groupe contrôle a réalisé les mêmes exercices durant la même durée que le groupe test, mais la face réfléchissante du miroir a été couverte avec un tissu blanc.

→ **Les groupes sont ainsi comparables**

Les deux groupes, test et contrôle, ont effectué seulement des mouvements du membre inférieur non parétique durant la thérapie miroir. Les participants n'ont pas bougé leurs membres parétiques.

De plus, pour la rééducation de l'équilibre face au miroir, la méthode proposée par Vaillant et al, a été modifiée. Les participants ont accompli l'enchaînement d'actions : placer une chaise en face d'un miroir de plein pieds, s'asseoir et se lever de la chaise, se lever tout en gardant les pieds en parallèle durant les mouvements assis-debout. Le groupe contrôle a réalisé le même enchaînement d'action dans un espace sans miroir.

Analyses statistiques : Les caractéristiques générales des participants ont été testées en utilisant le test t pour des échantillons indépendants, afin de vérifier l'homogénéité de l'échantillon. Des tests t pour échantillons appariés ont été utilisés pour vérifier une signification statistique concernant les performances avant et après l'essai clinique. Un test t pour échantillons indépendants a été réalisé pour comparer les deux groupes. Le niveau de

significativité a été fixé à $\alpha = 5\%$.
Il n'y a pas eu de différences significatives dans les caractéristiques de base entre les deux groupes.
Une différence significative dans l'évolution des indices de stabilité global, médial et latéral a été observée entre le groupe test et le groupe contrôle ($p < 0,05$).

Discussion :

D'après les résultats, le groupe test a montré une diminution significative du degré de l'indice de stabilité global après le traitement par rapport au groupe contrôle, ce qui signifie que la thérapie miroir est efficace pour améliorer la capacité d'équilibre.

L'étude actuelle a plusieurs limites : tout d'abord, la petite taille de l'échantillon peut avoir influencé les résultats. D'autre part, l'absence de suivi après la fin de la thérapie miroir ne permet de déterminer la durabilité de l'effet de ce traitement. De plus, les variations individuelles musculosquelettiques et neurologiques, ce qui est important dans l'évaluation du patient, n'ont pas été considérées. Cela peut être un facteur important affectant les résultats de la recherche en ce qui concerne la capacité de l'équilibre. Enfin, l'étude ne comprend pas de diverses évaluations de la marche et l'indépendance quotidienne qui sont importantes dans la qualité de vie. Par conséquent, ces résultats peuvent être généralisés à des patients en phase subaiguë d'AVC. D'autres études, y compris une évaluation de suivi à long terme, sont nécessaires pour évaluer les avantages à long terme de la thérapie miroir.

Conclusion :

La thérapie miroir peut être bénéfique en augmentant la capacité de l'équilibre des patients en phase subaiguë d'AVC. Les données doivent être interprétées avec prudence en raison de la petite taille de l'échantillon. A plus grande échelle, un essai contrôlé et randomisé est nécessaire afin de confirmer ces résultats et évaluer davantage les effets à long terme de la thérapie miroir chez les patients après un AVC.

**COMMENTAIRE OU
QUESTIONNEMENT
SECONDAIRE**

- Concernant les **critères d'inclusions et d'exclusion**, plusieurs remarques peuvent être soulevées : les patients ont été inclus selon un « un score élevé pour le test musculaire manuel », sans préciser quantitativement à quoi correspond le score élevé. De plus, dans ce contexte il s'agit de la fonction motrice qui est évaluée et non la force musculaire. Les patients ont été exclus lors d'une « limitation de l'écart/amplitude de mouvement du membre inférieur » sans préciser de quelle articulation il s'agit ni d'une limite quantitative. Or dans cette population source, il est fréquent d'observer des limitations des amplitudes articulaires, notamment celle concernant la flexion dorsale de cheville, n'est-ce pas alors exclure un nombre trop important de patients ?
- Premier protocole où le patient est **en position semi-assise**, ce qui se rapproche en partie de la position utilisée dans notre protocole.
- Les **deux groupes ont réalisés seulement des mouvements du membre inférieur non parétique, ils n'ont pas bougé le membre inférieur parétique**. Pourquoi cette modalité, sans justification ? Il a y eu de nombreuses études concernant l'application de la thérapie miroir dans un contexte de récupération de la fonction sensorimotrice du membre supérieur et inférieur, où il est relaté le fait que pour une récupération optimale il est recommandé de réaliser les mouvements de manière

symétrique et synchrone.

- Le protocole utilisé concernant la rééducation de l'équilibre d'après la méthode de Vaillant et al, même modifiée avec un miroir de plein pieds, peut soulever plusieurs interrogations : le miroir de face renvoie automatiquement une image de l'ensemble du corps du patient, soit une image qui inclue à la fois l'hémicorps parétique et l'hémicorps non parétique. Est-ce que le principe de l'application de la thérapie miroir, consistant à refléter l'image de la partie corps saine est utilisé de manière optimale ? N'aurait-t-il pas été intéressant de trouver un système ne reflétant l'image que de l'hémicorps sain ?
- La thérapie miroir peut être bénéfique en augmentant la capacité de l'équilibre des patients en phase subaiguë d'AVC.

FICHE LECTURE N°7:

Mathon, B. 2013

*Les neurones miroirs : de l'anatomie aux implications
physiopathologiques et thérapeutiques*

EMC – Revue Neurologique ; 5 : 285-290

AUTEURS	Dr Bertrand MATHON Service de neurochirurgie, groupe hospitalier universitaire La Pitié-Salpêtrière, Assistance publique-Hôpitaux de Paris. Université Paris VI- Pierre-et-Marie-Curie
TITRE	Les neurones miroirs : de l'anatomie aux implications physiopathologiques et thérapeutiques <i>Mirror neurons : From anatomy to pathophysiological and therapeutic implications</i>
TYPE DE DOCUMENT	Article de revue
SOURCE (Revue, éditeur) + localisation de l'ouvrage, bibliothèque, côte	Editeur Elsevier Masson consulte (<i>base de données</i>), www.em-consulte.com Actualités en Neurosciences
DATE DE PARUTION	2013
NOMBRE DE PAGES (n° de pages)	6 pages
PLAN DE L'ARTICLE	<p>Résumé / Abstract</p> <p>1. Introduction</p> <p>2. Etat des connaissances</p> <p>2.1 Identification et localisation anatomique du système miroir chez l'Homme</p> <p>2.2 Propriétés fonctionnelles des neurones miroirs</p> <p>2.3 Rôle du système des neurones miroirs dans le comportement : les émotions et l'empathie</p> <p>2.4 Rôle du système miroir dans l'imitation</p> <p>3. Perspectives</p> <p>3.1 Implication des neurones miroirs en pathologie</p> <p>3.2 Perspectives thérapeutiques</p> <p>4. Conclusions</p> <p>Déclaration d'intérêts</p> <p>Références</p>
ELEMENTS DE L'ARTICLE EN LIEN AVEC LA PROBLEMATIQUE	<p>Mots-clés : Neurones miroirs ; schizophrénie ; autisme ; accident vasculaire cérébral ; rééducation ; anatomie ; émotions ; chirurgie</p> <p>Keywords : <i>Mirror neurons ; schizophrenia ; autism ; stroke rehabilitation ; anatomy ; emotions ; surgery</i></p> <p style="text-align: center;"><u>Eléments détaillés :</u></p> <p>1. Introduction</p> <p>Les neurones miroirs désignent une catégorie de neurones qui présentent une activité aussi bien :</p> <ul style="list-style-type: none"> - lorsqu'une personne exécute une action que - lorsqu'elle observe une autre personne exécuter la même action <p>Ils ont d'abord été observés dans le cortex prémoteur ventral du singe (<i>Rizzolatti and al. 2005</i>) mais aussi, par la suite, dans la partie rostrale du lobule pariétal inférieur (<i>Bonini and al 2011.</i>). Chez l'être humain, il n'existe pas de preuve directe de l'existence de neurones miroirs. Néanmoins, étant donné les nombreuses homologies entre les cerveaux des différents primates, il est admis que de tels neurones doivent aussi exister dans l'espèce humaine (<i>Rizzolatti and al. 2005</i>).</p> <p>Les travaux scientifiques récents tendent à confirmer l'existence de ces neurones, et à leur attribuer un rôle dans la physiopathologie de certaines maladies neuropsychiatriques.</p>

Objectifs : cet article fait état des connaissances actuelles et des perspectives théoriques et thérapeutiques concernant les neurones miroirs.

2. Etat des connaissances

Identification et localisation anatomique du système miroir chez l'homme :

Etudes (Buccino and al. 2001 ; Molenberghs and al., 2012) d'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) ont permis une **localisation précise des aires impliquées** dans le système des neurones miroirs :

- **lobe pariétal inférieur** (*semblant correspondre à l'aire 40 de Brodmann*)
- **secteur inférieur du gyrus précentral**
- **secteur postérieur du gyrus frontal inférieur** (*semblant correspondre à la partie postérieure de l'aire 44 de Broca*)
- **+/_ région antérieure du gyrus frontal inférieur et du cortex prémoteur dorsal**
- **cortex visuel primaire, cervelet et une partie du système limbique**
 - lobe pariétal + lobe frontal + lobe occipital + cervelet + système limbique

Propriétés fonctionnelles des neurones miroirs :

Neurones déchargent des potentiels d'action pendant :

- l'homme **exécute** un mouvement
- lorsqu'il est **immobile et voit** (*ou entend*) une action similaire effectuée par une autre homme
- il **pense** que ce dernier va effectuer cette action

Les neurones miroirs sont donc définis par **deux propriétés** :

- **leur caractère « miroir »** : le fait qu'ils réagissent aussi bien aux actions de soi que d'autrui ;
- **leur sélectivité** : chaque neurone ne répond qu'à un seul type d'action, mais ne répond pas (*ou peu*) quand il s'agit d'un autre geste.

La vue d'actes exécutés par un tiers induit une activité cérébrale différente selon les compétences motrices des sujets en question (*Calvo-Merino and al., 2005*)

➢ **l'activation du système moteur des neurones miroirs est modulée, non par l'expérience visuelle, mais par la pratique motrice.**

Caggiano and al., 2012 : neurones miroirs déchargent différemment selon le but final de l'action observée

- **hypothèse** : cette décharge différentielle permettrait à l'observateur de comprendre l'intention motrice de la personne observée
- **requiert l'accès à la sémantique de l'objet ainsi que des informations contextuelles**

Rôle du système des neurones miroirs dans le comportement : les émotions et l'empathie :

Le dégoût : La partie antérieure du lobe de l'insula, est active aussi bien quand la personne éprouve du dégoût que lorsqu'elle voit quelqu'un exprimant du dégoût. Des travaux en IRMf ont permis de garantir que les régions antérieures de l'insula et du cortex cingulaire de l'hémisphère droit s'activent aussi bien lorsque nous éprouvons une sensation de dégoût que lorsque nous percevons une mimique de dégoût sur le visage d'autrui (*Wicker and al., 2003*).

Empathie : *cad*, la capacité à percevoir et reconnaître les émotions d'autrui, en partant du postulat qu'un système miroir semble exister pour les émotions. L'enregistrement de l'activité neuronale a montré que, dans la région antérieure du cortex cingulaire, certains neurones répondaient aussi bien à l'application de stimuli douloureux sur la main qu'à l'observation sur d'autres personnes. La perception directe de la souffrance que son évocation sont médiatisées par un mécanisme miroir analogue à celui constaté dans le cas du dégoût.

- **Le système miroir des émotions** permet, en codant l'expérience **sensorielle**, de **simuler l'état émotionnel d'autrui dans notre cerveau** et donc de **mieux identifier les émotions éprouvées par les individus de notre entourage.**

- Par analogie, il a été prouvé que **l'incapacité de comprendre les réactions émotionnelles des autres** est étroitement liée à **l'incapacité de les éprouver à la première personne**.
- **Le système miroir mis en évidence pour les émotions est très différent de celui qui a été identifié chez le singe, en utilisant des actions motrices (Baird and al., 2011). Etablir un lien entre ces deux systèmes reste donc spéculatif.**

Rôle du système miroir dans l'imitation :

Expériences de MEG : système miroir joue un rôle fondamental dans l'imitation, en codant l'action observée en termes moteurs et en permettant ainsi sa reproduction :

- **observation d'une action** : prévaut une congruence **anatomique** = **ipsilatéralité** de l'activation
- **imitation d'une action observée** : prévaut une congruence **spatiale** = **controlatéralité** de l'activation

Le système miroir, localisé dans le lobe pariétal inférieur et dans le lobe frontal, traduit en termes moteurs les actes élémentaires qui caractérisent l'action observée.

La capacité d'imitation n'est déterminée ni par la richesse du patrimoine moteur, ni par la simple présence du système des neurones miroirs. **Ce système est une condition nécessaire mais non suffisante pour procéder à une imitation.**

Cela vaut non seulement pour la capacité **d'apprentissage par imitation** qui nécessite l'intervention d'aires corticales extérieures au système des neurones miroirs, mais aussi pour la capacité de **répéter des actes exécutés par un tiers** et qui appartiennent à notre patrimoine moteur.

Il ne peut y avoir d'imitation sans un système de contrôle des neurones miroirs.

Les lésions du **lobe frontal** semblent donc éliminer ce système de régulation qui bloque la transformation des actions potentielles codées par les circuits pariétofrontaux en actes imitatifs.

3. Perspectives

Implication des neurones miroirs en pathologie :

Autisme : l'hypothèse d'un dysfonctionnement du système miroir étant à l'origine d'un trouble dans les interactions sociales a été soulevée et explorée afin d'établir un éventuel lien avec la maladie autistique.

Schizophrénie : Les distorsions dans la cognition sociale (idées d'influence, idées paranoïdes) ainsi que les comportements d'imitation (*écholalie*, *échopraxie*) pourrait résulter d'une altération de ce système miroir.

Perspectives thérapeutiques :

L'interaction circulaire de simulations internalisées entre patient et thérapeute confère un rôle majeur aux neurones miroirs dans la théorie psychothérapeutique.

Un autre axe de recherche porte sur la **possibilité de rééduquer les patients atteints d'AVC par l'observation d'actions motrices afin de stimuler le système miroir (Garrison and al., 2010 ; Sale and al., 2012).**

Etant donné que les neurones des **cortex prémoteur et pariétal** ont la capacité de s'activer non seulement lors de l'exécution d'une action, mais aussi lors de **l'observation de celle-ci exécutée par d'autres**, le **système moteur peut donc être activé sans mouvement manifeste.**

Chez des patients atteints de **déficits moteurs importants avec une faible réserve fonctionnelle**, ces auteurs préconisent une réadaptation basée sur la **stimulation du système des neurones miroirs**, grâce à des **exercices**

d'observation de l'action et d'imitation, permettant de reconstruire la fonction motrice de manière passive.

4. Conclusions

Ce système miroir serait responsable de nombreuses propriétés fonctionnelles motrices : il **code des actes moteurs transitifs et intransitifs**, il est capable de **sélectionner** aussi bien le **type d'acte** que la **séquence des mouvements** qui le composent ; enfin, il ne requiert pas une interaction effective avec les objets, il s'active aussi quand l'action est simplement **mimée**.

Il existe de plus en plus d'indices que l'activité miroir découverte pour les actions est ubiquitaire dans le cerveau.

Il a par ailleurs été mis en évidence l'implication des neurones du système miroir dans **l'imitation** et son **apprentissage**, ainsi que l'existence d'un **système de contrôle** située dans le **lobe frontal**, afin d'éviter un comportement imitatif anarchique.

La compréhension de ce système de neurones miroirs permet actuellement le développement de deux axes thérapeutiques : **l'un concernant la pratique psychothérapeutique, l'autre la rééducation passive des patients présentant un déficit neurologique moteur suite à un AVC.**

COMMENTAIRE OU QUESTIONNEMENT SECONDAIRE

Eléments importants pour :

- L'existence et localisation anatomique du système des neurones miroirs chez l'Homme
- Fonctionnement et propriétés des neurones miroirs
- Neurones miroirs actions motrices / neurones miroirs des émotions expérience sensorielle
- Système de contrôle des neurones miroirs situé dans le lobe frontal
- Bases neuropsychologiques pour la compréhension des effets de la thérapie miroir

Questionnement secondaire :

- Est-ce que les motoneurones miroirs, qui possèdent une faculté de sélectivité importante, pourrait être activés lors des séances de thérapie miroir, avec des mouvements de séquences de la marche, en ayant l'objectif de restaurer le schéma moteur de la marche ?
- Est-ce que le fait que le sujet possède un répertoire moteur et un expérience motrice de la marche alternée, lors de séances de thérapie miroir (*en position debout, les membres inférieurs quasi dans le même environnement vis à vis du système sensitif*) les motoneurones miroirs spécifiques du schéma de la marche peuvent être activés ? Alors que le reflet du miroir ne reflète l'image que d'un seul des deux membres inférieurs ?
- Est-ce qu'il y aurait un potentiel danger, par ces séances de thérapie miroir, d'altérer ou de restaurer un schéma moteur discordant, par le fait que le miroir ne reflète pas l'activité de la marche de manière alternée ?

FICHE LECTURE N°8:

**Mohan, U; S. Karthik babu, K. Vijay Kumar, B.V Suresh, Z.K
Misri, M. Chakrapni 2013**

***Effectiveness of mirror therapy on lower extremity motor recovery,
balance and mobility in patients with acute stroke: A randomized
sham-controlled pilot trial***

Annals of Indian Academy of Neurology; 16(4) ; 634-639

AUTEURS	Uthra Mohan, S. Karthik babu, K. Vijay Kumar, B.V Suresh, Z.K Misri, Prof M.Chakrapani
TITRE	Effectiveness of mirror therapy on lower-extremity motor recovery, balance and mobility in patients with acute stroke : A randomized sham-controlled pilot trial <i>Efficacité de la thérapie miroir sur la récupération motrice des membres inférieurs, l'équilibre et la mobilité chez des patients avec un AVC aigu : Essai pilote randomisé et contrôlé</i>
TYPE DE DOCUMENT	Essai pilote randomisé et contrôlé. Article scientifique
SOURCE (Revue, éditeur) + localisation de l'ouvrage, bibliothèque, côte	Annals of Indian Academy of Neurology Google Scholar (<i>base de données</i>)
DATE DE PARUTION	Octobre-Décembre 2013
NOMBRE DE PAGES (n° de pages)	6 pages (p.634-p.639)
PLAN DE L'ARTICLE	<ol style="list-style-type: none"> 1. Abstract/ Résumé 2. Introduction / Introduction 3. Methods / Méthodes <ol style="list-style-type: none"> 3.1 Participants / Participants 3.2 Study Design / Conception 3.3 Intervention / Intervention 3.4 Outcome Measures / Echelles de mesures 3.5 Lower-extremity Motor Recovery / Récupération fonction motrice du membre inférieur 3.6 Balance / Equilibre 3.7 Mobility / Mobilité 3.8 Spasticity / Spasticité 3.9 Statistical analysis / Analyses statistiques 4. Results / Résultats 5. Discussion / Discussion 6. Limitations / Limites <p>References / Références</p>
ELEMENTS DE L'ARTICLE EN LIEN AVEC LA PROBLEMATIQUE	<p>Mots-clés : Accident vasculaire cérébral aigu ; équilibre ; mobilité ; thérapie miroir ; récupération motrice</p> <p>Keywords : Acute stroke ; balance ; mobility ; mirror therapy ; motor recovery</p> <p style="text-align: center;">Eléments détaillés :</p> <p>Type d'étude : Essai pilote contrôlé et randomisé</p> <p>Hypothèse/Problématique : Quelle est l'efficacité de la thérapie miroir en utilisant des synergies de mouvements fonctionnels pour la récupération motrice du membre inférieur, l'équilibre et la mobilité dans le cadre de patients post-AVC aigu ?</p> <p>Objectifs : Evaluer l'efficacité de la thérapie miroir sur la récupération motrice du membre inférieur, l'équilibre et la mobilité chez des patients avec un AVC aigu. En contrastant avec les études antérieures qui utilisaient des mouvements analytiques, articulaires isolés.</p> <p>Critère de jugement principal :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Récupération motrice évaluée avec l'échelle de Fugl Meyer - Equilibre évalué par l'échelle Balance Brunel Evaluation - Mobilité évaluée par l'échelle la FAC

Critères de jugement secondaires :

- Spasticité évaluée par la MCSI incluant les secousses du tendon d'Achille et la spasticité des fléchisseurs plantaires de la cheville avec l'échelle d'Ashworth modifiée
- Récupération motrice évaluée par le Brunnstrom stade

Moments de prise des mesures : Avant le début de l'étude et après les deux semaines de protocole de thérapie miroir.

Population source : Patients atteints de leurs primo AVC (*hémorragique ou ischémique*) en phase subaiguë.

Sujets étudiés : 22 patients hospitalisés (12 hommes, 10 femmes) avec une hémiparésie après un AVC (*âge moyen 62,95 années, le temps depuis le début de l'AVC 6,41 jours*).

Critères d'inclusions :

- 1^{er} AVC unilatérale avec hémiparésie (*apparition < 2 semaines*)
- capable de comprendre et suivre des instructions verbales simples
- étape de récupération de Brunnstrom 2 et au dessus
- sans troubles cognitifs sévères qui pourraient interférer avec le but de l'étude (*examen Mini Mental State Score > 23*)
- état de santé stable pour permettre la participation à l'étude
- ambulatoire avant l'AVC

Les patients atteints de négligences, pusher-syndrome, déficits visuels, récurrences d'AVC, ou comorbidités influençant une utilisation moindre des membres inférieurs ont été exclus.

Etude randomisée, la répartition des patients dans le groupe expérimental ou le groupe contrôle a été effectuée en utilisant des blocs de randomisation.

Etude contrôlée, comparaison du groupe test avec groupe contrôle.

Protocole :

Les deux groupes ont bénéficiés d'un programme de rééducation classique post-AVC d'une durée d'une heure par jours, durant **six jours**, pendant **deux semaines**. Le programme classique était patient spécifique et se composait de techniques de facilitation du développement neurologique, rééducation sensori-motrice, exercices actifs, rééducation à la marche, la mobilité et l'équilibre.

Le groupe test, groupe avec la thérapie miroir, a reçu **30 min supplémentaire de thérapie miroir** constitué de synergies de mouvements fonctionnels en utilisant les articulations de la hanche, du genou et de la cheville non parétique. Ces mouvements ont été effectués dans des positions semi-assise et allongée. Un miroir a été placé sagitalement entre les deux membres inférieurs, avec une légère inclinaison vers le côté parétique pour empêcher le patient de voir le membre parétique.

Les exercices en position semi-couchée étaient :

- triple de flexion du membre inférieur (*hanche, genoux et cheville*)
- hanche et genou fléchis, puis rotations interne et externe du genou
- abduction de hanche avec une rotation externe vers l'adduction de hanche avec une rotation interne

Les exercices en position assise étaient :

- triple flexion du membre inférieur (*hanche, genoux et cheville*)
- extension de genou avec dorsiflexion de cheville
- flexion du genou au delà de 90°
 - **Chacun de ces 6 exercices ont été effectués en deux séries de 10 répétitions.**

Le groupe contrôle, a reçu le même temps de rééducation supplémentaire et

réalisé les mêmes exercices mais face à la partie non réfléchissante du miroir. Le même physiothérapeute a administré la thérapie miroir au groupe test et la thérapie fictive au groupe contrôle.

Analyses statistiques :

L'analyse statistique a été effectuée sur les données obtenues à partir de tous les patients, il n'y avait pas de données manquantes.

Les données démographiques des patients ont été comparés en utilisant le test t échantillon indépendant pour les variables continues (*âge, temps depuis l'AVC*) et le test du Chi-deux pour les variables dichotomiques (*sexe, côté dominant, hémi-corps paralysé, type de lésion*).

Au début de l'étude il a été noté une différence significative entre les deux groupes, concernant les scores :

- BBA l'équilibre avec l'échelle Brunel Evaluation
- FMA pour la récupération motrice avec l'échelle de Fugl Meyer

➤ **Les deux groupes sont-ils alors vraiment comparables ?**

Il a été noté une **amélioration significative** dans le **groupe test ainsi que dans le groupe contrôle** pour la **récupération motrice, l'équilibre et la mobilité**.

Il y a une **différence significative** concernant la **récupération de la marche** dans le groupe test vis à vis du groupe contrôle. Cependant, **la récupération motrice des membres inférieurs et l'équilibre n'ont pas démontrés de différence significative entre les deux groupes**.

Ceci pourrait être expliqué par la courte durée pendant laquelle la thérapie miroir a été administrée, soit deux semaines. Alors que dans la majorité des autres études, les protocoles s'étendent de 4 à 6 semaines.

Conclusion :

Hypothèse : l'incorporation de synergies de mouvements fonctionnels, au sein d'un protocole de thérapie miroir, produirait une meilleure récupération de la fonction motrice que des mouvements articulaires isolés (*Cf étude de Stubeyaz*).

Objectifs pour la suite :

- déterminer s'il y a une efficacité prolongée à utiliser la thérapie miroir en utilisant des synergies de mouvements fonctionnels dans le cadre d'AVC en phase aigue, chronique
- identification de la durée du traitement
- identification de la sous population de traitement optimal
- poursuite du traitement par la suite à domicile ?
- stratification des participants en fonction de leurs scores initiaux de Fugl Meyer est recommandé, afin d'éviter la variabilité au départ.

COMMENTAIRES OU QUESTIONNEMENT SECONDAIRE

Limites de cette étude :

- La différence observée dans les mesures du début entre les deux groupes
- Non utilisation de techniques d'IRMf pour visualiser la réorganisation corticale après le traitement par la thérapie miroir
- Le nombre faible de patients inclus dans l'étude : l'extrapolation de ces données à la population doit être envisagé avec vigilance
- Il y a plusieurs 3 critères de jugements principaux : il est impératif de n'avoir qu'un seul critère de jugement principal. Mais plusieurs critères secondaires peuvent être ajoutés.
 - Fiabilité des résultats bios statistiques ?? Inflation du risque alpha ?

Commentaires :

- Utilisation de synergies de mouvements plutôt que des mouvements articulaires

isolés

- Protocole s'étendant sur plus de deux semaines
- Amélioration sur la récupération de la marche FAC ++

FICHE LECTURE N°9:

Ramachandran, VS; Alschuler E. 2009

The use of visual feedback, in particular mirror visual feedback, in restoring brain function

Brain a journal of neurology : 132 ; 1693-1710

AUTEUR	V.S Ramachandran, Eric L. Altschuler
TITRE	The use of visual feedback, in particular mirror visual feedback, in restoring brain function <i>L'utilisation du feedback visuel, en particulier le feedback visuel par miroir, dans le rétablissement de fonctions cérébrales</i>
TYPE DE DOCUMENT	Review article <i>Article de revue</i>
SOURCE (Revue, éditeur) + localisation de l'ouvrage, bibliothèque, côte	Brain A journal of neurology (<i>Google Scholar</i>)
DATE DE PARUTION	2009
NOMBRE DE PAGES (n° de pages)	18 pages 1693-1710
PLAN DE L'ARTICLE	<p>I. Introduction / <i>Introduction</i></p> <p>II. Phantom limb / <i>Membre fantôme</i></p> <p>III. Plasticity of connections / <i>Plasticité des connexions</i></p> <p>IV. Phantom pain / <i>Douleur fantôme</i></p> <p>V. Mirror therapy / <i>Thérapie miroir</i></p> <p>VI. Visual modulation of pain in normal individuals / <i>Modulation visuelle de la douleur chez des individus sains</i></p> <p>VII. Mirror therapy in stroke rehabilitation / <i>Thérapie miroir dans la récupération des AVC</i></p> <p>VIII. Neural mechanism of MVF / <i>Mécanismes neuronaux du feedback visuel moteur</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Recruitment of ipsilateral pathways using mirrors / <i>Recrutement de chemins nerveux ipsilatéraux dans l'utilisation de miroirs</i> • Mirror neurons and phantom limbs / <i>Neurones miroirs et membres fantômes</i> • Functional imaging and TMS with mirrors / <i>Images fonctionnelles et TMS avec des miroirs</i> <p>IX. Complex regional pain syndrome previously known as reflex sympathetic dystrophy / <i>Le syndrome complexe régional douloureux connu auparavant par algoneurodystrophie</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Studies of mirror therapy in CRPS / <i>Etudes sur la thérapie miroir dans le CRPS</i> <p>X. MVF-aided visual imagery and phantom pain / <i>Feedback visuel assisté par imagerie et douleur fantôme</i></p> <p>XI. Use of mirrors in rehabilitation from hand surgery / <i>Utilisation de miroirs dans la réhabilitation de la chirurgie de la main</i></p> <p>XII. Potential use of the MVF principle for other neuropsychiatry syndromes / <i>L'utilisation potentielle du principe de MVF pour d'autres syndromes neuropsychiatriques</i></p> <p>XIII. Reversibility of neurological disorders / <i>Réversibilité des troubles neurologiques</i></p> <p>XIV. Conclusions / <i>Conclusions</i></p> <p>XV. References / <i>Références</i></p>
ELEMENTS DE L'ARTICLE EN LIEN AVEC LA PROBLEMATIQUE	Keywords: mirror visual feedback; phantom limb; phantom pain; hemiparesis; complex regional pain syndrome
	Mots-clés: feedback visuel miroir; membre fantôme; douleur fantôme; hémiparésies; syndrome régional complexe de type 1
	Eléments détaillés :

Résumé :

Cet article examine l'utilisation potentielle du feedback visuel, en se concentrant sur le feedback visuel par le miroir, introduit il y a plus de 15 ans, pour le traitement de nombreux troubles neurologiques chroniques qui ont été longtemps considérés comme insolubles tels que la douleur du membre fantôme, l'hémi-parésie suite à un AVC et le SDRC 1. Outre son importance clinique, la thérapie miroir ouvre la voie à une révolution dans la façon dont nous abordons les troubles neurologiques. **Plutôt que de considérer que les résultats soient entièrement des dommages irréversibles de modules spécialisés cérébraux, certains d'entre eux peuvent provenir de changements fonctionnels à court terme qui sont potentiellement réversibles.** Si c'est le cas, des thérapies relativement simples peuvent être conçues – par exemple la thérapie miroir- pour restaurer la fonction cérébrale.

I. Introduction / *Introduction*

Trois dichotomies assez artificielles ont tourmentées la neurologie depuis ses origines :

- Est-ce que les différentes capacités mentales sont elles fortement localisées (« *modulées* ») ou sont elles arbitrées de manière holistique ?
- Si des modules spécialisés existent, fonctionnent-ils de manière autonome ou interagissent-ils de manière significative ?
- Sont-ils profondément établis ou peuvent ils être modifiés en changeant les données basales, et ce, même au sein du cerveau adulte ? **Est-ce que les dommages cérébraux sont irréversibles chez l'adulte, ou alors une récupération est possible ?**

En 1992, nous avons introduit l'utilisation de la thérapie miroir (*TM*) comme une technique simple et non invasive pour le traitement de deux troubles qui ont **longtemps été considérés comme permanents et majoritairement incurables** : la douleur chronique d'origine centrale (*comme la douleur fantôme*) et l'hémi-parésie suite à un AVC.

Nous détaillerons les études cliniques qui ont amené à prouver l'efficacité de la TM, puis nous ferons part des spéculations sur les raisons du bon fonctionnement de cette procédure, puis nous verrons ses potentielles applications futures, ainsi que ses implications de manière plus large pour la neurologie.

La démarche n'est pas un remède miracle contre tous les maux. Cependant, même si une faible proportion de patients est aidée actuellement, nos résultats seraient précieux étant donné la forte incidence de la douleur fantôme et de l'AVC. **En effet, un dixième de l'humanité va souffrir de paralysie post-AVC, et plus deux tiers des patients amputés souffrent de douleurs fantômes par la suite.** En outre, même si pour l'instant la procédure profite à une minorité de patients, nos résultats **permettraient d'ouvrir la voie à la création de nombreuses thérapies une fois que nous aurons compris les mécanismes mis en œuvres.**

II. Phantom limb / *Membre fantôme*

III. Plasticity of connections / *Plasticité des connexions*

Dans une de nos premières expériences, nous avons recruté un homme de 19 ans qui (...) était affligé d'un membre supérieur fantôme subissant une douleur intermittente. Toucher les différentes parties de son visage

provoquait des sensations localisées sur les différentes parties de son membre fantôme. Il est donc possible que l'entrée sensorielle de la face, normalement exclusivement destiné à la zone du visage, « envahisse » la région de la main nouvellement délaissée. En conséquence, toucher la face n'active pas seulement les cellules de la zone du visage comme il se doit, mais active également la zone de la main, ce qui est ensuite interprété par les centres cérébraux supérieurs comme provenant de la main du membre fantôme. Le renvoi de ces modalités spécifiques a également été rapporté chez certains patients : l'eau coulant sur le visage a été ressentie comme un filet d'eau coulant sur le membre fantôme. Ces résultats sont la **première démonstration de la réorganisation à grande échelle de la topographie dans le cerveau humain adulte et de ses conséquences perceptives très spécifiques.**

IV. Phantom pain / Douleur fantôme

Beaucoup de patients peuvent bouger leurs membres fantômes, mais un nombre quasiment équivalent prétend que leur membre fantôme est immobile et paralysé, occupant souvent comme un espace gênant pour le patient. La douleur peut durer **des années**, et peut être soit **continue** soit **intermittente**. **L'origine** de la douleur fantôme est **mal comprise** ; nous pouvons mettre en avant **au moins 5 origines possibles** :

- L'irritation des terminaisons nerveuses recroquevillées (*névromes*) et la cicatrisation imparfaite des tissus sur le moignon amputé
- Bien que la réorganisation centrale (*conduisant à la réafférence de sensations*) soit généralement topographique et selon certaines modalités spécifiques, celle-ci est pathologique dans le cas des membres fantômes. En conséquence, certains neurones de la sensation tactile à bas seuil d'excitation, pourraient croiser des neurones de la douleur à seuil haut et ainsi les activer.
- La réorganisation pathologique peut conduire à un résultat chaotique, qui pourrait être interprété comme une paresthésie ou une douleur par les centres cérébraux supérieurs. Des auteurs ont trouvé que l'ampleur de la douleur fantôme est corrélée à l'étendue de la réorganisation.
- La non correspondance entre la réalisation de la commande motrice et l'absence d'un retour visuel et proprioceptif peut résulter en l'apparition de douleur.
- La douleur antérieure à l'amputation, aussi bien brève ou chronique peut persister dans la « *mémoire* » du membre fantôme.

Beaucoup de patients avec un membre fantôme affirment assez paradoxalement que leur membre est paralysé comme s'il était coincé dans du ciment ou congelé dans un bloc de glace. Nous avons remarqué que ce sont souvent, mais pas toujours, des patients dont le bras, intact, **était effectivement paralysé par une blessure du nerf périphérique, comme l'avulsion du plexus brachial, déjà plusieurs mois avant l'amputation.** Avant que le bras ne soit amputé, **à chaque fois qu'une commande motrice était envoyée au bras, les informations visuelles et proprioceptives rapportaient que le bras ne bougeait pas.** Peut-être que cette **association a été mémorisée** par le cerveau comme **une forme de paralysie « apprise »**, laquelle s'est alors maintenue dans le membre fantôme.

→ **Si cette thèse est correcte, est-il possible de « désapprendre » la paralysie acquise, que ce soit dans le cadre de la douleur du membre fantôme ou de la paralysie suite à un AVC ? (qui peut également est en partie due à une forme de paralysie acquise, voir ci dessous).**

Nous avons donc appliqué ce concept de « **paralysie acquise** », lequel pourrait **intervenir partiellement dans l'hémi-parésie post-AVC.** Ce

concept nous a également permis de démontrer que la TM peut **accélérer la récupération des fonctions des membres chez de nombreux patients**. Cette idée est différente de la notion importante de « non-utilisation acquise » proposée par Taub.

Les observations sur la réorganisation suggèrent que les **connexions neuronales dans le cerveau adulte sont extrêmement malléables**. Mais, cette malléabilité **peut-elle être exploitée cliniquement** ? Cette question a préparé le terrain pour nos séries d'expériences suivantes qui emploient l'illusion optique afin de voir si un feedback visuel peut moduler les sensations somatiques –incluant la douleur– dans le membre fantôme.

Un facteur qui contribue à la douleur fantôme, nous l'avons vu, peut être **l'incompatibilité entre l'injonction motrice et le feedback visuel au niveau du bras**. Mais **que se passerait-il si l'on rétablissait la correspondance entre le feedback visuel et la commande motrice** ? Cela semble logiquement impossible, mais on pourrait peut-être utiliser l'imagerie virtuelle, au moyen de commandes pour guider une image virtuelle de la main, à travers des lunettes. **Mais actuellement la réalité virtuelle est une technologie neuve, lente et chère, donc nous avons décidé d'utiliser un miroir plan régulier à la place.**

V. Mirror therapy / *Thérapie miroir*

La boîte miroir se compose de 2x2 miroirs de pied verticaux installés dans le plan sagittal au milieu d'une boîte rectangulaire. (Fig 3). On ôte les pans du haut et de l'avant de la boîte. Ensuite, le **patient place son membre fantôme paralysé du côté gauche et la main normale du côté du droit**. Il regarde ensuite le **côté réfléchissant du miroir** pour y voir la **réflexion de son bras droit intact**, et cette réflexion est superposée à la localisation de son membre fantôme. Créant ainsi l'illusion que son membre fantôme a été restauré. Tout en regardant toujours dans le miroir, **il envoie des commandes motrices aux deux mains afin de réaliser des mouvements symétriques** tels que diriger un orchestre, ou ouvrir et fermer la main. Il a donc l'illusion visuelle que son membre fantôme « **obéit** » à cette commande.

Notre premier patient (...) a remarqué instantanément une **diminution de la douleur, et une capacité à contrôler son membre fantôme à nouveau**. En lui faisant répéter la procédure plusieurs fois alternativement en fermant ou ouvrant les yeux, nous avons vérifié que cet effet requiert un feedback visuel (*Ramachandran et al 1995, 1998, 2005*). Encouragés par ces résultats, d'autres équipes ont exploré les différents types de feedback visuels (*réalité virtuelle, prismes à inversion droite/gauche*) et ont démontré une efficacité au moins partielle dans la réduction de la douleur (*voir ci-dessous*).

Est-ce que la pratique répétée de la TM pourrait mener au **désapprentissage de la paralysie acquise** ? Ainsi DS pourrait volontairement bouger son membre fantôme sans le miroir ? Il a emporté la boîte-miroir chez lui, et a continué à **s'entraîner pendant deux semaines, environ dix minutes par jour**. Il nous a rapporté qu'à chaque fois qu'il s'était exercé durant ces deux semaines, il avait pu mobiliser temporairement son membre fantôme **lequel devenait beaucoup moins douloureux**. Encore une semaine plus tard, il constata non sans surprise que son membre fantôme avait disparu avec la douleur du coude et de l'avant-bras qui l'accompagnait avant. **Les doigts fantômes par-contre, restaient toujours présents, comme pendants le long de l'épaule, et ils restaient douloureux**. Cette disparition ou diminution du fantôme est probablement due à la **réception**

d'informations sensorielles conflictuelles par le cerveau. Cela a également été constaté par d'autres études récentes (*Flor et al. 2006*), lesquelles ont combiné la TM avec la prise d'imageries cérébrales. Elles ont démontré une diminution du membre fantôme, ainsi que de la douleur qui l'accompagnait, pour la première fois depuis des années à la vue d'un membre fantôme « élargi » dans une boîte miroir (*Gawande, 2008*). **Même la démangeaison chronique du fantôme a disparu.**

En partie poussé par ces études, Harris (2000) émet l'hypothèse que le **membre fantôme soit en partie dû au décalage entre les différentes informations sensorielles, comme celles issues de la vision ou de la proprioception.** Si c'est le cas, alors peut-être que les effets de la thérapie miroir sont **dus au rétablissement de la congruence entre efférence motrice et afférence sensitive.**

→ Donc ce décalage d'informations afférentes n'est pas la cause principale de la douleur. Néanmoins, il s'agit sûrement d'un facteur y contribuant de manière importante.

Dans le cadre de la douleur fantôme, puisque rien n'est vu ou ressenti à part la douleur, il n'y a rien qui la contredise directement. En effet, la douleur viscérale des organes internes n'est pas localisable de manière précise, et pourtant nous la ressentons parfois intensément. Par contre, quand le patient regarde la réflexion visuelle de sa vraie main, il voit que rien d'extérieur ne cause cette douleur au niveau du membre réapparu par un trucage visuel. Ainsi, son cerveau juge le signal douloureux comme incohérent et le rejette.

→ Cette hypothèse signifierait que le simple fait de voir l'image dans le miroir, sans la voir bouger, suffirait à donner un soulagement partiel. Nous avons quelque peu perçus ce phénomène, mais ne l'avons pas étudié de manière formelle.

Le soulagement de la douleur fantôme par le feedback visuel miroir a aussi été étudié **au moyen d'imagerie cérébrale** a démontré que **l'intensité de la douleur fantôme est corrélée avec le degré de mauvaise réorganisation des chemins somatosensoriels** (*Flor et al., 1995*), et que la **réorganisation partiellement rétablie par le feedback visuel miroir correspond à une diminution de la douleur** (*Flor et al., 2006*). Cela suggère que le miroir produise ses effets au moins partiellement en influençant la réorganisation des modules cérébraux corticaux sur le long terme.

Etudes cliniques sur la thérapie miroir :

MacLachlan et al. (2004) Etude de cas d'utilisation de la thérapie miroir sur un membre inférieur amputé atteint de douleur fantôme.

Altschuler et al. (1999) Etude pilote sur l'utilisation de la thérapie miroir contre l'hémi-parésie post-AVC.

Sathian et al. (2000) Etudes de cas d'utilisation de la thérapie miroir sur un patient atteint d'hémi-parésie et de pertes de sensibilité post-AVC.

Stevens and Stoykov (2003) Deux études de cas d'utilisation de la thérapie miroir chez des patients atteints d'hémi-parésie post-AVC.

Stevens and Stoykov (2004) Etudes de cas d'utilisation de la thérapie miroir contre l'hémi-parésie post-AVC.

Sütbeyaz et al. (2007) Essai contrôlé randomisé sur l'utilisation de la thérapie miroir contre l'hémi-parésie des extrémités inférieures post-AVC.

Yavuzer et al. (2008) Essai contrôlé randomisé sur l'utilisation de la thérapie miroir contre l'hémi-parésie des extrémités supérieures post-AVC.

VI. **Visual modulation of pain in normal individuals** / *Modulation visuelle de la douleur chez des individus sains*

Des psychologues de Gestalt (...) avaient démontré que la vision dominait sur la sensation tactile et la proprioception. Rock décrivit le phénomène sous le nom de « **capture visuelle** ». Une telle « capture » apparaît par intégration d'informations provenant de différents sens, parce que le cerveau prédéfinit certaines valeurs à différentes informations sensorielles selon leur vraisemblance statistique. **Dans la plupart des cas, la vision domine le toucher** (Gibson, 1962).

Expérience de la main en caoutchouc : Cela est dû au fait que le cerveau, et surtout ses systèmes sensoriels, est une machine qui a évolué vers la détection de corrélations statistiques dans le monde. « *Il dit* », en effet, « *quelle est la probabilité que la même séquence de caresses et de tapes soit simultanément vue sur la main en caoutchouc et ressentie sur la vraie ?* » Zero. Du coup, les **sensations doivent émerger de la fausse main**. (*Sur le principe, le résultat est le même que pour le ventriloquisme, où la parfaite synchronisation des mouvements des lèvres du pantin et les vocalisations de la vraie personne (cachée et à distance) sont attribuées faussement au pantin*).

Cependant, est-ce que **cette fausse attribution des sensations vers la fausse main peut mener à des changements physiologiques ?**

Apparemment, la fausse main n'avait pas seulement une réafférence de sensations sur elle-même, elle était également **assimilée dans le système limbique du sujet**, donc une douleur perceptible visuellement au niveau de la fausse main causaient des changements physiologiques chez le sujet. Il s'agit de la **première démonstration de la présence de changements physiques** (*vascularisation de la main et sueur*) pouvant être **modulés par une information visuelle portant sur un objet externe temporairement intégré à l'image corporelle**.

VII. **Mirror therapy in stroke rehabilitation** / *Thérapie miroir dans la récupération des AVC*

On pense que la paralysie post-AVC est due essentiellement à des dommages "irréversibles" de la capsule interne. **Par contre, il est possible qu'un œdème et un gonflement de la matière blanche interrompent temporairement les signaux corticofugaux dans les premiers jours ou semaines**. Cela pourrait **conduire à une forme de paralysie acquise qui persisterait même après la disparition de l'œdème et du gonflement**. On pourrait donc **rencontrer une situation similaire à la paralysie acquise du membre fantôme**. En se basant sur ce raisonnement, nous supposons que le feedback visuel miroir puisse accélérer la récupération de fonctions dans l'hémiplégie post-AVC (Ramachandran 1994).

Nous avons réalisé une étude pilote contrôle vs placebo sur neuf patients selon les principes suscités (Altschuler et collègues 1999). Les résultats ont montré un regain de fonction intermédiaire chez trois patients, faible chez trois autres, et presque nul chez les trois derniers. Selon ces premiers résultats, nous avons supposé que le feedback visuel miroir puisse être un bon traitement adjuvant des paralysies post-AVC.

Dans le même ordre d'idée, un certain nombre de cas et séries de cas ont montré que la TM présente un certain bénéfice dans le traitement des hémiplégies post AVC (Sathian et collègues, 2000; Stevens et Stoykov, 2003, 2004). Récemment, deux essais contrôlés et randomisés ont montré une **amélioration significative de l'hémiplégie via TM** : une étude menée

sur 40 patients avec **une hémiparésie des extrémités inférieures ont été suivi pendant les douze mois suivant leur AVC** (Sütbeyaz et collègues, 2007). Les patients ont été distribués aléatoirement entre un groupe TM et un groupe contrôle où ils déplaçaient les deux jambes, lesquelles étaient séparées par un champ opaque. Tous les sujets ont également reçu une thérapie physique conventionnelle. Les sujets du groupe TM ont **montré une amélioration statistiquement significative au niveau de leurs stages de Brunnstrom et de leurs scores moteurs MFI** (*Mesure des Fonctions Indépendantes*) par rapport au groupe contrôle. Nous n'avons **pas constaté de différence significative au niveau de l'échelle modifiée d'Ashworth, ou des catégories de fonctionnalité de l'ambulation**. Cependant, cette étude ne permettait aux sujets que de s'entraîner à réaliser des **mouvements articulaires simples, pas l'ambulation**.

Dans une autre étude, on a suivi 40 patients atteints d'hémiparésie des **membres supérieures** pendant les douze mois suivant leur AVC (Yavuzer et collègues, 2008). Les sujets ont été distribués de manière aléatoire entre un groupe TM et un groupe contrôle où ils bougeaient leurs deux bras et mains mais avec une séparation opaque entre les deux bras. Tous les sujets ont également reçu une thérapie physique conventionnelle. Les sujets du groupe TM ont montré une **amélioration statistiquement significative au niveau de leurs stages de Brunnstrom et de leurs scores d'autonomie MFI** (*Mesure des Fonctions Indépendantes*) par rapport au groupe contrôle (Figure 5).

Un autre essai récent, contrôlé-randomisé et transversal, a rassemblé quinze patients en situation d'hémiparésie subaiguë post-AVC (Matsuo et collègues 2008). La thérapie miroir s'est montrée d'une efficacité supérieure au traitement contrôle selon une évaluation par l'échelle de Fugel-Meyer du bras parétique.

Ces résultats démontrent que de nombreux patients connaissent un **regain de fonctions notoire grâce au feedback visuel miroir et plus précisément à la TM**. Mais la variabilité de ses effets doit dépendre en partie de la **position exacte de la lésion et de la longueur de la paralysie post-AVC**. Après avoir compris ces variables, il serait possible de réaliser la TM aux patients susceptibles d'en bénéficier le plus. (*Cependant, aux vues de la simplicité de la technique, il n'y aurait pas de raisons de ne pas la réaliser en routine comme traitement adjuvant*).

Les résultats de ces études soutiennent le fait que le feedback visuel puisse **moduler la douleur**, et même **inverser certains signes physiques objectifs comme l'inflammation et la paralysie**. Ces études complètent les résultats d'essais plus contrôlés. En un certain sens, ils sont tout autant significatifs **car chaque patient représente son propre contrôle** : ils sont passés à travers d'intenses programmes de rééducation conventionnelle, des médecines « alternatives », ont pris des médicaments comme de la morphine, et ont même parfois subis des opérations chirurgicales lourdes. (*Donc en quelque sorte le « contrôle » de ces patients réside dans tous les procédés de rééducation neurologique que ces patients ont suivis*). Il est également à noter que certaines de ces études comportent les mesures de **changements physiques comme la température de la peau qu'il serait impossible de simuler**

VIII. **Neural mechanism of MVE** / *Mécanismes neuronaux du feedback visuel moteur*

Nous avons déjà discuté de la manière dont la restauration des congruences entre la vision et les efférences motrices peut mener à un **désapprentissage de paralysies acquises chez des patients atteints d'AVC**.

Une autre explication peut être mentionnée, laquelle a mené à la **découverte des neurones miroirs** par **Rizzolatti** et ses collègues au début des années 90 (*Di Pellegrino et al., 1992*).

Ces neurones ont été trouvés dans les **lobes frontal et pariétal**. Ces régions sont riches en **commandes motrices** qui commandent une séquence de saccades musculaires dans le **but de réaliser des mouvements simples** comme attraper une cacahuète, pousser une pierre, ou mettre une pomme dans votre bouche (*si vous êtes un singe*). Étonnamment, une partie de ces neurones (*les neurones miroirs*) s'activent également quand le singe (*ou la personne*) **regarde un autre individu réaliser le même geste**. Ces neurones vous permettent de vous mettre « *à la place* » de quelqu'un d'autre, de voir le monde depuis une autre perspective (*pas seulement physique mais aussi mentale*), dans le **but d'agir sur son action imminente**.

L'usage des neurones miroirs implique une interaction entre de nombreuses modalités: la vision, la commande motrice, et la proprioception, ce qui suggère le fait qu'ils soient impliqués dans l'efficacité du feedback visuel miroir sur l'AVC.

La paralysie post-AVC est due en partie à des dommages « *permanents* » de la capsule interne, mais aussi comme nous l'avons vu à une forme de **paralysie acquise pouvant être désapprise grâce à la TM**. Il est également possible que la lésion causée ne soit **pas toujours complète**. Il se peut qu'un **reste de neurones miroirs survive**, et que ceux-ci soient « *dormants* », ou que leur **activité soit inhibée et n'atteigne pas son seuil d'activation**. (*Et en effet, les aires motrices peuvent se retrouver temporairement inactivées du fait du même mécanisme que la paralysie acquise avec un échec du feedback visuel pour remettre les choses en place.*)

→ Si c'est bien le cas, alors on peut émettre le **postulat** que **l'efficacité du feedback visuel miroir soit dû en partie à la stimulation de ces neurones, laquelle fournirait l'afférence visuelle nécessaire pour raviver ces « motoneurones »**.

Cette hypothèse a été aussi confirmée par **Buccino et ses collègues** qui se sont inspiré de notre travail sur le regain de fonction post-AVC grâce au feedback visuel, à la différence que leurs patients **regardaient des vidéos de mouvements** réalisés par des individus en bonne santé sur un écran en vision frontale, ensuite les patients essayaient de réaliser ces mêmes mouvements avec leurs membres parétique (*Ertelt et al., 2007*). Réalisée dans un petit essai, cette méthode de traitement a été jugée plus efficace que dans le groupe contrôle où les sujets recevaient une rééducation physique conventionnelle et regardaient des vidéos représentant des symboles géométriques. Plusieurs groupes ont utilisé la réalité virtuelle à la place de miroirs pour susciter un feedback visuel (*voir par exemple Eng et al., 2007*). Cependant, il n'y a pas eu de large étude clinique employant la réalité virtuelle. **De telles procédures ont l'avantage de pouvoir être utiles pour des patients atteints de paralysies bilatérales post-AVC, ou amputés des**

deux membres, pour lesquels la thérapie miroir est inutile (*même si un patient avec une amputation ou une paralysie bilatérale post-AVC pourrait très bien observer le bras d'un thérapeute ou d'un des membres de sa famille pendant qu'il commande au sien de bouger*).

Aussi, des études sur la réalité virtuelle utilisant les images de la réflexion de la jambe ou du bras sain dans un miroir pourraient aider à décrypter la contribution du mouvement du membre controlatéral. Mais les dispositifs de réalité virtuelle ont le désavantage d'être encore extrêmement coûteux, il serait donc impossible qu'ils soient indiqués pour un auto-traitement chez soi. Qui plus est, l'étendue de la capacité à reproduire par réalité virtuelle l'image réaliste de la réflexion d'un miroir n'est pas certaine (*ce phénomène vaut la peine qu'on l'étudie plus en détails*). N'est également pas certaine la capacité des dispositifs de réalité virtuelle à imiter la vitesse relative des mouvements du membre sain et du membre atteint qu'un sujet décide implicitement lorsqu'il utilise un miroir.

- **Recruitment of ipsilateral pathways using mirrors** / *Recrutement de chemins nerveux ipsilatéraux dans l'utilisation de miroirs*

En plus des trajets corticospinaux qui se projettent controlatéralement par rapport au cortex moteur, il y a **quelques projections ipsilatérales**. Par exemple, le cortex moteur droit n'envoie pas des efférences seulement du côté gauche de la moelle spinale comme l'apprennent la plupart des étudiants en médecine, **mais également du côté ipsilatéral de la moelle spinale**.

Cinq questions se soulèvent : ces voies sont-elles excitatrices ou inhibitrices ? Sont-ils des restes fonctionnels ou vestigiaux d'un ancien chemin nerveux ne croisant pas ? Quand des commandes sont envoyées dans l'hémicorps controlatéral, pourquoi aucune commande ne se dirige-t-elle simultanément vers les muscles ipsilatéraux, ce qui entraînerait des mouvements ipsilatéraux irrépressibles qui copieraient ceux du côté gauche ? Et enfin, **si l'hémisphère droit relié à la partie gauche de la moelle spinale et du corps est endommagée par un AVC, alors pourquoi les projections ipsilatérales de l'hémisphère gauche vers la partie gauche de la moelle spinale et du corps ne peuvent-elles pas « prendre le contrôle » et déplacer le membre « paralysé » ?**

Aucune de ces questions n'a reçu de réponse satisfaisante, mais une enquête plus minutieuse pourrait clairement nous permettre d'utiliser ces paramètres à des fins cliniques. **Peut-être que le feedback visuel agit au moins en partie par le réveil de ces connexions dormantes ipsilatérales**. En effet Davare et son équipe (2007), ainsi que Schwerin et son équipe (2008) ont démontré qu'en utilisant une stimulation magnétique transcraniale (SMT), **les projections ipsilatérales ont un rôle non futile même chez les sujets normaux. Il serait intéressant de voir si le degré de récupération de fonction par feedback visuel miroir varie selon le degré d'activation de ces connexions ipsilatérales**.

- **Mirror neurons and phantom limbs** / *Neurones miroirs et membres fantômes*

Comme pour la commande motrice, il existe des neurones miroirs de la douleur dans le **cortex cingulaire antérieur** qui s'activent quand on se blesse avec une aiguille ou simplement quand on voit quelqu'un se faire mal. On pourrait se demander si de tels neurones sont impliqués dans le phénomène de **l'empathie**.

Une réponse éventuelle repose sur le fait que quand on regarde quelqu'un se faire toucher, même si vos « *neurones miroirs tactiles* » sont activés, les

récepteurs de votre peau ne le sont pas, et ce manque d'activité (« signal nul ») informe les neurones tactiles ordinaires (*c'est-à-dire tous ceux qui ne sont pas miroirs*) que la main n'est pas touchée. Ils inhibent en partie également les informations efférentes des neurones tactiles miroirs, afin qu'on ne ressente pas une sensation de toucher mais une sorte d'empathie pour ce geste (*on « ressent » qu'un AUTRE se fait toucher*). Nous soulignons le fait que les informations efférentes de la peau intacte (*c'est-à-dire non touchée*) n'inhiberaient qu'une partie des informations efférentes du système des neurones miroirs : celui qui mène à une appréciation consciente du fait d'être touché. Si les neurones sensitifs classiques inhibaient les neurones miroirs eux-mêmes, alors ils empêcheraient tout l'intérêt d'avoir justement des neurones miroirs.

L'importante leçon à tirer est que les sensations tactiles ou de douleur mettent en jeu bien **plus que la sensation due à l'activation des récepteurs tactile et à la douleur de la main**. Ces sensations résultent d'un **réseau neuronal complexe** formé de **différentes modalités sensibles qui interagissent les unes avec les autres, et également avec d'autres cerveaux!** Les propriétés de ces réseaux compliqués, mais déchiffrables, peuvent être étudiées par des expérimentations neurologiques sur des patients, afin de les exploiter en clinique pour diminuer la douleur.

- **Functional imaging and TMS with mirrors / Images fonctionnelles et TMS avec des miroirs**

Dans une étude intéressante menée sur des sujets sains, Garry et son équipe ont utilisé la TMS pour **observer l'excitabilité de du cortex moteur ipsilatéral par rapport à une main en mouvement**. Ils ont étudié quatre conditions : (i) les sujets regardent la main qu'ils bougent ; (ii) les sujets regardent leur main inactive ; (iii) les sujets regardent une position précise entre leur main en mouvement et leur main inactive ; (iv) les sujets regardent la réflexion de leur main en mouvement dans un miroir plan.

- Ils ont constaté **une augmentation significative de l'excitation du cortex moteur pour la condition « regarder le miroir » comparé aux autres conditions**, la **réflexion du miroir excitant le complexe moteur correspondant à la réflexion de la main en mouvement**.

Frackowiak et ses collègues menèrent une étude quelque peu différente pour explorer les effets du feedback visuel moteur chez des sujets sains : ils ont utilisé une imagerie PET-scan (*Fink et al., 1999*). Les sujets regardaient dans la boîte miroir tout en réalisant des gestes symétriques des deux bras (*condition 1 : la condition harmonieuse*), ou des mouvements différents afin que la réflexion visuelle soit en contradiction avec la proprioception et la commande motrice (*condition 2 : la condition discordante*). Les cortex préfrontal et moteur se sont allumés dans les deux hémisphères dans la condition harmonieuse, alors que l'effet principal de la condition discordante fut une activité importante dans le cortex préfrontal dorsolatéral droit.

- Cette observation indique qu'il existe des asymétries des hémisphères pendant le feedback visuel moteur, et que cela puisse avoir des implications particulières pour le traitement.

IX. Complex regional pain syndrome previously known as reflex sympathetic dystrophy / Le syndrome complexe régional douloureux connu auparavant par algoneurodystrophie

- **Studies of mirror therapy in CRPS / Etudes sur la thérapie miroir dans le CRPS**

X. MVF-aided visual imagery and phantom pain / Feedback visuel assisté par

imagerie et douleur fantôme

- XI. **Use of mirrors in rehabilitation from hand surgery / Utilisation de miroirs dans la réhabilitation de la chirurgie de la main**
- XII. **Potential use of the MVF principe for other neuropsychiatry syndromes/ L'utilisation potentielle du principe de MVF pour d'autres syndromes neuropsychiatriques**
- XIII. **Reversibility of neurological disorders / Réversibilité des troubles neurologiques**
- XIV. **Conclusions / Conclusions**

Les études revisitées dans cet article ont des implications majeures à la fois dans le domaine de **pratique clinique**, comme dans notre **compréhension théorique du cerveau**.

Sur **l'aspect clinique**, elles suggèrent que le **feedback visuel miroir** puisse **accélérer** le **rétablissement** d'un large champ de troubles neurologiques comme la douleur fantôme, **l'hémi-parésie post-AVC** ou tout autre lésion ou dommage cérébral, le syndrome douloureux régional complexe (*SDRC 1*), et même, possiblement, des dommages nerveux périphériques ou musculo-squelettiques. Il reste encore à voir si d'autres syndromes comme la dystonie focale, le syndrome de Dejerine-Roussy (*douleur thalamique*), la névralgie du trijumeaux, ainsi que la maladie de Parkinson puisse connaître des améliorations similaires avec le feedback visuel miroir. Ceci est fortement improbable mais mérite d'être exploré.

Au niveau théorique, ces résultats sont assez pertinents dans notre quête de la **compréhension des fonctions cérébrales normales et anormales**. La vieille perception des fonctions cérébrales, le modèle standard sur lequel la neurologie s'est basée tout le siècle dernier durant, consiste en le fait de dire que le cerveau est composé d'un grand nombre de modules autonomes très spécialisés qui interagissent vraiment peu entre eux, si ce n'est pas du tout, et sont fixés à la naissance. Dans ce sens, les troubles neurologiques correspondent à un dommage relativement permanent et irréversible d'un (*ou d'un petit groupe*) de ces modules spécialisés. Cela expliquerait non seulement la spécificité de la localisation des signes et des déficits, mais également pourquoi il y a d'habitude un très faible regain de fonction après tout dommage causé au cerveau. En détruisant un module on détruit une fonction à jamais. Il s'agit d'une caricature bien sûr, et en réalité la majorité du modèle standard est toujours correcte et nous nous appuyons dessus. Cependant, il a été exagéré dans le passé, **au point de devenir un obstacle à la recherche sur le domaine de la récupération**.

En effet nos résultats et ceux de nos collègues démontrent sans équivoque que l'utilisation de très simples procédures peut briser les barrières entre ces modules (**par exemple la vision et la proprioception au moyen du feedback visuel miroir**), entre le corps et l'esprit (*comme dans la démonstration de McCabe sur les changements de température par « RSD »*) et surtout, entre un cerveau et un autre : un patient ressentant littéralement la douleur de quelqu'un d'autre dans son fantôme.

De telles découvertes suggèrent que nous devrions revoir la vision du cerveau

	<p>comme une « <i>série de modules hiérarchisée</i> », pour la remplacer par une nouvelle vision plus dynamique. A place de penser à des modules cérébraux figés et autonomes, nous devrions les voir comme l'état d'un équilibre dynamique entre eux et avec l'environnement (<i>en incluant le corps</i>), avec des connexions se formant et se reformant de manière constante en réponse aux besoins des changements de l'environnement. Les dysfonctions neurologiques, au moins jusqu'à un certain point, ne seraient pas causées par une destruction irréversible de modules mais par un changement fonctionnel de l'équilibre. Dans ce cas, peut-être que le point d'équilibre peut être remis en place à sa position « <i>normale</i> » en appuyant sur un « <i>bouton reset</i> » via des méthodes simples et non-invasives.</p>
<p>COMMENTAIRE OU QUESTIONNEMENT SECONDAIRE</p>	<p style="text-align: center;">Questionnement secondaire :</p> <p>Do you think that mirror motoneurons, which possess an important faculty of selectivity in dealing with information, could be stimulated during mirror therapy involving sequences of movements of walking, in order to restore its motor scheme?</p> <p>If we keep the patient standing, with his/her lower limbs almost in the same environment as the sensitive system, do you think that the existence of a motor repertory and a motor experience of the alternated walking is sufficient to activate the motoneurons of the walking scheme during mirror therapy? Even though the mirror's reflection shows only one of the two limbs?</p> <p>Also, do you think that there could be any possible danger to instore a discording walking scheme through this technic? I have found very few information concerning bad outcomes of mirror therapy.</p>

FICHE LECTURE N°10:

Sheperd, R ; Carr, J. 2005

Neurological rehabilitation :

the scientific basis of clinical practice

Kinésithérapie, les annales. N°38-39 p.42-9

AUTEURS	Roberta Sheperd, Janet Carr
TITRE	Neurological rehabilitation : the scientific basis of clinical practice <i>Rééducation neurologique : les données de la science pour la pratique clinique</i>
TYPE DE DOCUMENT	Article de revue
SOURCE (Revue, éditeur) + localisation de l'ouvrage, bibliothèque, côte	Kinésithérapie, les annales N°38-39
DATE DE PARUTION	Février-mars 2005
NOMBRE DE PAGES (n° de pages)	7 pages (p.42-49)
PLAN DE L'ARTICLE	<p>Summary / Résumé</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Introduction / Introduction 2. Impairments / Handicaps 3. Motor learning and task-specificity / Apprentissage moteur et spécificité de tâche 4. Brain plasticity : role of exercise and training / Plasticité cérébrale : le rôle de l'entraînement et de l'exercice 5. The rehabilitation environment / L'environnement de la rééducation 6. Fitness training / Entraînement de la force musculaire 7. Concluding comments / Commentaires de conclusion 8. References / Références
ELEMENTS DE L'ARTICLE EN LIEN AVEC LA PROBLEMATIQUE	<p>Keywords : Motor learning ; stroke ; training ; physiotherapy ; brain plasticity Mots-clés : Apprentissage moteur ; AVC ; entraînement ; kinésithérapie ; plasticité cérébrale</p>
	<p style="text-align: center;">Éléments détaillés :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Introduction / Introduction <p>La contribution de la kinésithérapie dans la rééducation neurologique : c'est l'entraînement du contrôle moteur. Le point majeur d'une kinésithérapie moderne: l'optimisation de la performance motrice lors des actions fonctionnelles. Les méthodes utilisées ont pour but de stimuler l'apprentissage et l'acquisition de capacités fonctionnelles, d'améliorer la force musculaire, l'endurance, la condition physique générale et de favoriser le bien-être général. Construire un environnement de rééducation favorisant l'activité physique et mentale et l'acquisition de capacités motrices.</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Dans un tel environnement, au lieu de rester un sujet passif recevant des soins, l'individu handicapé devient l'acteur actif de l'apprentissage, choisissant sa propre intensité d'exercice et son type d'entraînement. <p>Les développements techniques dans le domaine de l'analyse du mouvement et de l'électromyographie ont permis des études biomécaniques de l'équilibre corporel au cours des activités de la vie courante comme la marche, le passage à la station debout ou l'extension d'un bras pour prendre un objet.</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. Impairments / Handicaps <p>Les schémas d'adaptations motrices observées lorsque le sujet essaie de réaliser une action fonctionnelle peuvent refléter une dysfonction du contrôle</p>

moteur, une faiblesse musculaire, une raideur et une perte de longueur ou un déséquilibre musculaire par faiblesse de certains muscles par rapport aux autres.

Pour beaucoup de patients, la cible du traitement est entrain de passer de la spasticité à la faiblesse musculaire et à l'absence de contrôle moteur. Cliniquement, l'accent est mis actuellement sur les méthodes permettant une augmentation de la force musculaire et une amélioration du contrôle neuronal ainsi qu'une prévention des adaptations des tissus mous (comme la contracture) par un étirement actif pendant les exercices et, en cas de besoin, par des méthodes passives d'étirement ou d'injections de toxine botulique.

3. **Motor learning and task-specificity** / *Apprentissage moteur et spécificité de tâche*

Les avancées théoriques et l'expérience clinique sont entrain d'orienter les interventions thérapeutiques vers des « **exercices orientés vers des tâches spécifiques** » = **task-oriented exercise** et **l'entraînement moteur**.

De récentes études chez les sujets sains indiquent qu'il existe une différence de performance et de développement des capacités fonctionnelles si le « patient apprenti » **dirige son attention vers l'effet du mouvement** (*point externe*) au lieu de la diriger **vers le mouvement lui-même** (*point interne*).

L'amélioration d'une aptitude motrice particulière par un meilleur contrôle moteur et une augmentation de la force musculaire nécessite un **entraînement**. **Le sujet doit effectuer l'action à plusieurs reprises afin d'atteindre l'objectif spécifique**. La kinésithérapie traditionnelle néglige **l'élément répétitif du processus d'acquisition du geste**, qui est pourtant un **pré-requis nécessaire** à toute rééducation motrice.

- Il faut répéter ces actions plusieurs fois afin de maximaliser la performance et favoriser l'habilité

Comme « entraîneur », le thérapeute peut **expliquer la décomposition d'un mouvement particulier** à partir de sa **connaissance** des caractéristiques **biomécaniques** puis offrir des **instructions orales**, faire une **démonstration** ou un commentaire de feed-back, diriger l'attention visuelle du patient ou indiquer des éléments clés de l'environnement (*par exemple la hauteur d'un obstacle*).

Pour établir ces objectifs, il faut **aménager un environnement ayant une pertinence fonctionnelle**, c'est-à-dire utiliser des objets de taille, de poids et de formes variés afin de pouvoir s'entraîner aux tâches différentes. Les **objectifs sont concrets et réalistes et non abstraits**, par exemple « *prendre le verre sur la table* » au lieu de « *lever le bras* » ou « *prendre le verre sur la gauche* » plutôt que « *pencher le poids du corps à gauche* ».

Des recherches récentes illustrent les différences de résultats après un AVC lorsque les patients travaillent avec des objectifs concrets en rapport avec des objectifs réels plutôt qu'avec des objectifs plus abstraits.

La performance d'une action permettant d'atteindre un objectif de façon régulière avec une certaine **économie d'effort** est considérée comme l'expression de l'habilité gestuelle. Nous avançons l'hypothèse que **l'acquisition ou l'apprentissage de cette habilité**, comportant des **phases de répétition et d'exercice**, est une manifestation de ce que l'on appelle **l'apprentissage moteur**.

4. **Brain plasticity : role of exercise and training** / *Plasticité cérébrale : le rôle de l'entraînement et de l'exercice*

Les études neurophysiologiques et neuro-anatomiques conduites chez les animaux et les études neuro-imagerie ou de cartographie neuro-cérébrale non invasive chez les humaines démontrent que le cortex cérébral adulte est capable d'une réorganisation fonctionnelle significative. Ces études montrent la plasticité topographique fonctionnelle ainsi qu'anatomique des tissus corticaux adjacents au site de la lésion ou plus distants. Des points importants pour la rééducation ressortent : **l'expérience, l'apprentissage et l'utilisation active des membres affectés semblent moduler la réorganisation adaptative observée inévitablement après une lésion corticale.**

- **Il faut donner plus d'importance à la promotion de l'apprentissage moteur en utilisant des exercices répétés et intensifs orientés vers des tâches spécifiques.**

5. **The rehabilitation environment** / *L'environnement de la rééducation*

La recherche animale a montré que les **aspects d'un environnement enrichi** ayant le plus d'effets bénéfiques sur le comportement sont la **stimulation sociale, l'interaction avec les objets** permettant une **activité physique et l'augmentation du niveau d'éveil.**

D'autres études suggèrent qu'une grande proportion de la journée du patient se passe en activités passives plutôt qu'actives.

Des études montrent les avantages qu'ont des **séances en petit groupe incluant des circuits d'apprentissage**, ou des séances où les **patients travaillent ensemble** ou indépendamment à des postes de travail utilisant des **instructions écrites ou des schémas explicatifs.**

Les données actuelles semblent montrer que le remaniement cortical dépend de la nature et de l'intensité des exercices plutôt que de la simple réalisation de l'exercice.

6. **Fitness training** / *Entraînement de la force musculaire*

7. **Concluding comments** / *Commentaires de conclusion*

La récupération de la capacité à effectuer des tâches spécifiques demande un entraînement particulier associant une répétition des tâches à une intensité suffisante dans un contexte approprié.

References / *Références*

**COMMENTAIRE OU
QUESTIONNEMENT
SECONDAIRE**

- Rééducation neurologique moderne = : **l'optimisation de la performance motrice** lors des **actions fonctionnelles**
- Construire un **environnement de rééducation favorisant l'activité physique et mentale et l'acquisition de capacités motrices** = **patient actif** au sein de la rééducation
- Rééducation orientée vers « **exercices orientés vers des tâches spécifiques** » = **task-oriented exercise** et **l'entraînement moteur.**
- « patient apprenti » **dirige son attention vers l'effet du mouvement** (*point externe*) au lieu de la diriger **vers le mouvement lui-même** (*point interne*).
- Entraînement = **Le sujet doit effectuer l'action à plusieurs reprises afin d'atteindre l'objectif spécifique**

- **Différences de résultats après un AVC lorsque les patients travaillent avec des objectifs concrets en rapport avec des objectifs réels plutôt qu'avec des objectifs plus abstraits.**
- **Il faut donner plus d'importance à la promotion de l'apprentissage moteur en utilisant des exercices répétés et intensifs orientés vers des tâches spécifiques.**
- **Aspects d'un environnement enrichi** ayant le plus d'effets bénéfiques sur le comportement sont la **stimulation sociale**, l'**interaction avec les objets** permettant une **activité physique** et l'**augmentation du niveau d'éveil**.
- Les avantages qu'ont des **séances en petit groupe incluant des circuits d'apprentissage**, ou des séances où les **patients travaillent ensemble** ou indépendamment à des postes de travail utilisant des **instructions écrites ou des schémas explicatifs**.

Questionnement secondaire relatif au protocole de thérapie miroir :

- Inclure des mouvements orientés vers la fonction, des objectifs concrets pour le patient (séquences de la marche, passage à la position debout, passage d'obstacles, montées d'escaliers ect.)
- Stimuler l'apprentissage moteur et l'entraînement : répétitions des mouvements, avec aussi une progression en terme d'intensité et de difficulté
- Inclure un environnement enrichi avec des objets du quotidien
- Temps pédagogique : expliquer chaque mouvements d'un point de vue biomécanique, intérêt pour la rééducation et le situer dans la vie du quotidien
- Patient est actif dans la rééducation
- Mettre en place de petits groupes de thérapie miroir afin de favoriser l'autonomie du patient et le rendre encore plus actifs ?

FICHE LECTURE N°11 :

Sütbeyaz, S ; Yavuzer, G ; Sezer, N; Koseoglu, BF. 2007

Mirror therapy enhances lower-extremity motor recovery and motor functioning after stroke: a randomized controlled trial

Arch Phys Med Rehabil ; 88 : 555-9

AUTEURS	Serap Sütbeyaz, MD, Gunes Yavuzer, MD, PhD, Nebahat Sezer, MD, B. Füsün Koseoglu, MD
TITRE	Mirror Therapy Enhances Lower-Extremity Motor Recovery and Motor Functioning Afert Stroke : A Randomized Controlled Trial <i>La thérapie miroir améliore la récupération motrice des membres inférieurs et la fonction motrice après un AVC : étude randomisée et contrôlée</i>
TYPE DE DOCUMENT	Article Scientifique (<i>Niveau A= essai contrôlé et randomisé</i>)
SOURCE (Revue, éditeur) + localisation de l'ouvrage, bibliothèque, côte	Arch Phys Med Rehabil Vol 88 Google Scholar (<i>base de données</i>)
DATE DE PARUTION	Mai 2007
NOMBRE DE PAGES (n° de pages)	5 pages (p.555-p.559)
PLAN DE L'ARTICLE	<ol style="list-style-type: none"> 1. Abstract / <i>Résumé</i> 2. Methods / <i>Méthodes</i> <ol style="list-style-type: none"> 2.1 Participants / <i>Participants</i> 2.2 Sample Size / <i>Taille de l'échantillon</i> 2.3 Design / <i>Conception</i> 2.4 Intervention / <i>Intervention</i> 2.5 Outcome Measures / <i>Echelles de mesures</i> 2.6 Lower-extremity Motor Recovery / <i>Récupération fonction motrice du membre inférieur</i> 2.7 Spasticity / <i>Spasticité</i> 2.8 Walking Ability / <i>Capacité de marche</i> 2.9 Motor Functioning / <i>Fonction motrice</i> 3. Results / <i>Résultats</i> 4. Discussion / <i>Discussion</i> 5. Conclusions / <i>Conclusions</i> <p>References / <i>Références</i></p>
ELEMENTS DE L'ARTICLE EN LIEN AVEC LA PROBLEMATIQUE	<p>Mots-clés : Accident vasculaire cérébral ; feedback ; imagerie ; capacités motrices ; récupération</p> <p>Keywords : Cerebrovascular accident ; Feedback ; Imagery ; Motor skills ; Rehabilitation</p> <p style="text-align: center;">Éléments détaillés :</p> <p>Type d'étude : essai contrôlé et randomisé (<i>preuve scientifique A</i>)</p> <p>Hypothèse/Problématique : Quels sont les effets de la thérapie miroir sur la récupération motrice du membre inférieur et la fonction motrice chez des patients ayant subi un AVC subaiguë ?</p> <p>Objectifs : Les auteurs ont supposé que les apports d'un feedback visuel et de l'imagerie motrice du déplacement du membre inférieur non parétique, apporté par un miroir, contribuerait au rétablissement de l'intégrité cortical pour ainsi restaurer la fonction motrice du membre inférieur parétique.</p> <p>Critère de jugement principal : Récupération motrice évaluée avec le Brunnstrom.</p> <p>Critères de jugement secondaires :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Spasticité évaluée par l'échelle d'Ashworth modifiée - Capacité de marche évaluée par les échelles de FAC et FIM <p>Moments de prise des mesures : Avant le traitement par la thérapie miroir, après le traitement par la thérapie miroir puis à 6 mois post-traitement.</p>

Population source : Patients atteints de leurs primo AVC (*hémorragique ou ischémique*) en phase subaiguë.

Sujets étudiés : 40 patients hospitalisés avec une hémiparésie suite à un AVC.

Etude randomisée, la répartition des patients dans le groupe expérimental ou le groupe contrôle a été effectuée en utilisant des nombres aléatoires générés par ordinateur.

Critères d'inclusion :

- Premier AVC unilatéral avec une hémiparésie au cours des douze mois précédents
- Note comprise entre un et trois sur les étapes de Brunnstrom de la récupération motrice du membre inférieur
- Pas de troubles cognitifs graves qui pourraient interférer avec le but de l'étude
- Ambulatoire avant l'accident

Protocole :

Les deux groupes ont bénéficié d'une **rééducation dite classique**, cinq jours par semaine, de deux à cinq heures par jours, pendant 4 semaines. Cette rééducation est spécifique au contexte pathologique du patient, elle se compose de technique de facilitations du développement moteur, physiothérapie, ergothérapie et orthophonie (*si nécessaire*).

Le **groupe test** a reçu **30 minutes** supplémentaires par jour de rééducation par la thérapie miroir. Les sujets étaient en position semi-assise sur un lit, un miroir a été placé entre les deux membres inférieurs, la partie réfléchissante du miroir a été placée au niveau du membre inférieur sain. Les sujets devaient réaliser des mouvements de dorsi-flexion de cheville avec le membre inférieur sain, en se concentrant sur le reflet du membre sain par le miroir. La vitesse de réalisation du mouvement a été auto-sélectionnée par le patient, mais sous surveillance de l'opérateur sans rétroactions verbales supplémentaires.

Le **groupe contrôle**, dit placebo, a bénéficié du même temps de thérapie miroir, réalisé les mêmes mouvements mais **face à la partie non réfléchissante du miroir**.

Analyses statistiques :

Toutes les variables des résultats ont été distribuées normalement. Les résultats des deux groupes ont été comparés en utilisant le test t pour des échantillons indépendants, pour les variables continues (*variance*) et le test du chi-deux pour les données catégorielles.

Il n'y a **pas eu d'observation d'effets indésirables au sein de l'étude**. Les **deux groupes sont comparables**. En effet, les comparaisons de bases ont révélés que l'âge, le sexe, les caractéristiques de l'AVC et de l'hémiparésie, le temps écoulé post-AVC, la fonction motrice, le score FIM et le stade de FAC ne différaient pas entre les groupes ($p > 0,5$).

Tous les paramètres évalués, ont augmenté de manière significative au sein des deux groupes, après le traitement et 6 mois après. Par un intervalle de confiance de 95% les scores de la fonction motrice, évaluée par les étapes du Brunnstrom (*moyenne 1,7 groupe test vs moyenne de 0,8 groupe contrôle avec $p=0,002$*) et le score FIM (*moyenne 21,4 groupe test vs moyenne de 12,5 groupe contrôle avec $P=0,01$*) ont montrés une différence significative pour le groupe expérimental vis-à-vis du groupe contrôle.

Il n'y a **pas eu de différence significative concernant la spasticité** (*moyenne 0,8 groupe test vs 0,3 groupe contrôle avec $p=0,102$*) et la marche (*moyenne 1,7 groupe test vs moyenne 1,5 groupe contrôle avec $p=0,610$*) entre les deux groupes.

Conclusion :

Cette étude révèle que chez les patients atteints d'une hémiparésie suite à un AVC, la thérapie miroir associée à une rééducation conventionnelle, permet **d'améliorer la récupération de la fonction motrice du membre inférieur**. Il n'y **pas eu de résultats significatifs en faveur de la TM concernant la spasticité et la marche**.

De plus, cette étude met en évidence que les effets de la TM peuvent être **durables** par les résultats des tests effectués 6 mois post-étude. *Pendant, il faut aussi prendre en compte l'apport des thérapies conventionnelles, le plus souvent effectuées en libéral durant ces 6 mois, pour expliquer l'amélioration de la fonction motrice des sujets. Les patients inclus dans cette étude étaient dans la phase dite aiguë post-AVC, il faudrait ainsi pouvoir objectiver le processus de récupération spontanée, pour ne pas attribuer l'amélioration de la fonction motrice uniquement à la TM. Actuellement aucune étude n'a pu contrôler ce biais, mais dans la discussion de cette étude, **la récupération spontanée n'est pas citée**.*

Dans cette étude, tous les sujets ont effectué des mouvements de flexion dorsale de la cheville du côté non parétique. La dorsiflexion a été choisie, car **elle représente la sélectivité du système moteur. Dans le cadre de patients hémiplésiques post-AVC, la motricité analytique est la plus déficiente**. La formation d'un mouvement de cheville est connue pour faciliter la synchronisation du cerveau, l'angle de dorsiflexion peut servir de test physiologique pour évaluer la durée, l'intensité et le type de rééducations optimales. (Dobkin et al., 2004).

COMMENTAIRES OU QUESTIONNEMENT SECONDAIRE

- **Mouvement exclusif de dorsiflexion de cheville** : des recherches récentes dans le domaine de la rééducation post-AVC, illustrent les différences de résultats après un AVC lorsque les patients travaillent avec des objectifs concrets en rapport avec des objectifs réels plutôt qu'avec des objectifs plus abstraits (Roberta Sheperd et al., 2005).
 - Il aurait pu ainsi être intéressant d'intégrer dans ce protocole des **mouvements dit plus fonctionnels, se rapprochant du schéma général de la marche** ?
- Il n'est **pas spécifié** si les patients réalisaient des mouvements de **manière unilatérale** avec le membre sain, ou de **manière bilatérale, synchrone**, du moins en ayant l'attention de réaliser des mouvements symétriques (*même si le membre parétique ne bouge que très peu*).
- Les différents protocoles de TM qui ont été mis en place, concernant le **membre supérieur**, incluaient des mouvements **analytiques** ou **fonctionnels** en **chaîne cinétique ouverte (CCO)**. Au **quotidien**, le membre **supérieur** est utilisé en CCO.
 - Le membre **inférieur**, lui est utilisé au **quotidien** en **chaîne cinétique fermée (CCF)**. Ainsi, il aurait pu être pertinent d'inclure des mouvements du membre inférieur en CCF dans ce protocole ?
- Le protocole est composé d'une séance de 30 min par jour de TM, 5 fois par semaine. Dans la majorité des essais où seule la TM est étudiée, nous retrouvons un entraînement lourd à la même fréquence pendant une période de 4 à 6 semaines. Il est à noter que l'augmentation des performances semble être en étroite corrélation avec le temps d'application de la thérapie.
- Le **nombre faible de sujets inclus dans l'étude** : ainsi la puissance de cette étude reste faible et l'extrapolation de ces données à la population est à prendre avec précaution.
- De plus, **plusieurs critères de jugements sont considérés** : fonction motrice, MIF, marche, et la spasticité. Face à ces évaluations multiples, il aurait pu peut être

intéressant d'ajuster le risque alpha de 5%, à une valeur plus haute ?

- L'apport de la rééducation miroir est mis en relation à celui d'une rééducation dite classique. Or cette dernière **n'est pas suffisamment détaillée** pour permettre une comparaison objective des différents protocoles.
- Il n'y a **pas de distinction entre les sujets atteints d'un AVC droit et gauche**. Or, les répercussions cognitives sont plus importantes lors d'un AVC droit, qui pourrait se traduire par des effets différents en terme d'efficacité, de la TM.
 - Dans les critères d'inclusions, il y a les scores de test des cloches pour évaluer l'hémi-négligence, le Mini Mental State, ce qui exclut peut être une part trop importante de patients hémiplésiques ?
- Il aurait pu être préférable **d'utiliser des techniques d'imagerie (IMRf ou tomographie par émission de positons)** qui auraient pu **vérifier la réorganisation cérébrale après la thérapie miroir (Marian E. et al., 2011)**. Mais ces méthodes d'imagerie sont lourdes et coûteuses à mettre en place.

Il semble que les résultats de cette étude confirment que le feedback visuel par la thérapie miroir est un traitement simple, peu coûteux et spécifique au patient. Il semble que l'intégration de la thérapie miroir, comme moyen thérapeutique complémentaire à une rééducation conventionnelle, à un stade précoce du traitement et appliquer pendant une longue période de temps peut être bénéfique pour la récupération de la fonction motrice du membre inférieur.

FICHE LECTURE N°12 :

**Yavuzer, G, MD, PhD, R.Selles, PhD, N.Sezer, MD, S.Sütbeyaz,
MD, J.B. Bussmann, PhD, F.Köseoglu, MD, M.B. Atay, MD, H.J.
Stam, MD, PhD 2009**

***Mirror therapy improves hand function in subacute stroke: a
randomized controlled trial***

NZ Journal of physiotherapy, Vol 37

AUTEURS	G. Yavuzer, MD, PhD, R.Selles, PhD, N.Sezer, MD, S.Sütbeyaz, MD, J.B. Bussmann, PhD, F.Köseoglu, MD, M.B. Atay, MD, H.J. Stam, MD, PhD
TITRE	Mirror therapy improves hand function in subacute stroke : a randomized controlled trial <i>La thérapie miroir améliore la fonction de la main en phase sub aigüe post AVC : une étude contrôlée et randomisée</i>
TYPE DE DOCUMENT	Article Scientifique (<i>Niveau A= essai contrôlé et randomisé</i>)
SOURCE (Revue, éditeur) + localisation de l'ouvrage, bibliothèque, côte	Arch Phys Med Rehabil Google Scholar (<i>base de données</i>)
DATE DE PARUTION	2008
NOMBRE DE PAGES (n° de pages)	6 pages (393-8)
PLAN DE L'ARTICLE	<ol style="list-style-type: none"> 1. Abstract/ Résumé 2. Methods/ Méthodes <ol style="list-style-type: none"> 2.1 Participants / <i>Participants</i> 2.2 Sample Size / <i>Taille de l'échantillon</i> 2.3 Study design / <i>Conception de l'étude</i> 2.4 Intervention / <i>Intervention</i> 2.5 Outcome Measures / <i>Echelles de mesures</i> 2.6 Motor Recovery / <i>Récupération fonction motrice</i> 2.7 Spasticity / <i>Spasticité</i> 2.8 Hand-Related Motor Functioning/ <i>Récupération motrice et fonctionnelle de la main</i> 2.9 Statistical analysis / <i>Analyses statistiques</i> 3. Results / <i>Résultats</i> 4. Discussion / <i>Discussion</i> <ol style="list-style-type: none"> 4.1 Study limitations/ <i>Limites de l'étude</i> 5. Conclusions / <i>Conclusions</i> References / <i>Références</i>
ELEMENTS DE L'ARTICLE EN LIEN AVEC LA PROBLEMATIQUE	Key words : Cerebrovascular accident ; Feedback ; Imagery (psychotherapy) ; Motor skills ; Rehabilitation Mots-clés : Accident vasculaire cérébral ; Rétrocontrôle ; Imagerie (psychothérapie) ; Facultés motrices ; Rééducation
	Eléments détaillés :
	Type d'étude : Etude contrôlée et randomisée (<i>Niveau de preuve A</i>)
	Hypothèse/ Problématique : Nous faisons l'hypothèse que la congruence du feedback visuel provenant du mouvement de la main non parétique, prévue par un miroir, pourrait restaurer la fonction de la main parétique.
	Objectifs : Les objectifs de cette étude est d'évaluer les effets d'une thérapie miroir associée à une thérapie conventionnelle, sur la récupération motrice de l'extrémité distale du membre supérieur, de la spasticité et de la récupération fonctionnelle des mains chez des patients en phase subaiguë d'AVC. Cette évaluation portera sur les effets à court terme (<i>après 4 semaines</i>) et à long terme (<i>6 mois après le traitement</i>).
	Au sein de cette étude, il n'y a pas de distinction entre le critère de

jugement principal et les critères de jugements secondaires. Il est seulement relaté que les auteurs étudieront les effets de cette thérapie sur :

- **récupération motrice** évaluée par le Brunnstrom stages of motor recovery
- **spasticité** évaluée par l'échelle d'Ashworth modifiée
- **récupération motrice et fonctionnelle de la main** évaluée par FIM (*Functional Independence Measure*)

Moments de prises des mesures : Les mesures sont réalisées avant le début du protocole « *bilans pré traitement* », puis 4 semaines après « *bilans post traitement* » et enfin 6 mois après la fin du protocole.

Population source : Patients atteints de leurs primo AVC (*hémorragique ou ischémique*) en phase subaiguë.

Sujets étudiés : 40 patients hospitalisés avec hémiparésie suite à un primo AVC.

Etude randomisée, la répartition des patients dans le groupe expérimental ou le groupe contrôle a été effectuée en utilisant des nombres aléatoires générés par ordinateur.

Critères d'inclusion :

- avoir un premier épisode d'AVC unilatéral avec une hémiparésie dans les 12 mois précédant l'étude
- avoir un score de Brunnstrom entre 1 et 4 pour le membre supérieur
- avoir la capacité de comprendre et de suivre des ordres simples
- absence de troubles cognitifs pouvant interférer avec l'étude

Protocole :

Les deux groupes, groupe test et groupe contrôle qui ont participé à cette étude, ont eu un programme de rééducation conventionnel adapté pour la prise en charge de patients hémiparésiques post-AVC. Le programme conventionnel est patient-spécifique et consiste en des techniques de facilitation de neurodéveloppement, physiothérapie, ergothérapie et d'orthophonie (*si nécessaire*).

Durant la même période, le groupe test a reçu de manière supplémentaire un programme de thérapie miroir durant 30 min. Durant les séances de thérapie miroir, les patients sont assis en face d'une table avec un miroir (35 x 35 cm) qui est placé de manière verticale entre les deux membres supérieurs. La main non parétique utilisée est placée devant le miroir et la main parétique est placée derrière le miroir. La pratique consiste en des mouvements, du membre supérieur non parétique, du poignet et des mains en flexion et extension ne même temps le patient se concentre sur le reflet du miroir. Durant les séances il est demandé aux patients d'essayer de réaliser les mêmes mouvements avec leurs membres supérieurs parétiques tandis qu'ils bougent leurs membres supérieurs non parétiques face au miroir. Le groupe contrôle accompli les mêmes exercices, durant la même période mais ils utilisent la partie non réfléchissante du miroir.

C'est le même thérapeute qui réalise les séances de thérapie miroir avec le groupe test et les séances de « fausse » thérapie miroir avec le groupe contrôle.

Ainsi les séances de cet essai clinique dure 30 min/jour, 5 jours/semaine durant 4 semaines.

Analyses statistiques :

Il y a eu une vérification de l'homogénéité de l'échantillon avant le début de l'essai clinique. Il n'y a pas eu de différences significatives entre les groupes

test et contrôle concernant l'âge, le sexe, caractéristiques de l'AVC, temps depuis l'AVC, score de Brunnstrom, la spasticité des muscles fléchisseurs du poignet et FIM. Les groupes étaient donc comparables en amont. Concernant les résultats, ils montrent une différence significative pour la récupération motrice et les scores d'indépendances non seulement après le traitement par la thérapie miroir mais aussi 6 mois après la fin de l'étude. Il n'y a pas eu de différences trouvées entre les groupes concernant la spasticité.

Discussion :

Les résultats montrent une amélioration, dans le groupe test, au terme du protocole et par la suite (6 mois après) concernant la récupération de la fonction motrice ainsi que l'indépendance fonctionnelle par rapport au groupe contrôle. Cependant, aucune amélioration significative n'a pu être démontrée concernant la spasticité.

Plusieurs mécanismes pourraient permettre d'expliquer les effets de la thérapie miroir, parmi lesquelles l'action des neurones miroirs semble être importante.

Les biais possibles de cette étude seraient liés à leurs critères d'inclusion et d'exclusion. Aucun patient souffrant d'apraxie et/ou de négligence unilatérale n'a été inclus dans l'étude. Ceci constituerait une piste à étudier dans le futur.

De plus, il n'existe pas encore de consensus concernant les modalités de l'application de la thérapie miroir en terme de durée, d'intensité du traitement, du moment d'inclusion de ce moyen thérapeutique dans la thérapie de rééducation conventionnelle.

Conclusion : Dans ce groupe de patients hémiplésiques post-AVC, la fonction de la main est améliorée après des séances de thérapie miroir en complément d'un traitement de rééducation dite conventionnelle comparé au groupe contrôle, après les 4 semaines de protocole mais aussi 6 mois après la fin de l'étude. Cependant la thérapie miroir n'a pas d'effet sur la spasticité.

**COMMENTAIRE OU
QUESTIONNEMENT
SECONDAIRE**

- **Mouvement exclusif des articulations du poignets et des doigts :** la motricité distale est la plus déficiente pour les patients hémiplésiques post-AVC. Cependant se concentrer uniquement sur ces articulations, n'est-ce pas négliger le fait d'utiliser des mouvements dits plus globaux impliquant l'ensemble des articulations du membre supérieur ?
- De plus, **plusieurs critères de jugements sont considérés :** fonction motrice, l'indépendance motrice et fonctionnelle de la main et la spasticité. Face à ces évaluations multiples, il aurait pu être **intéressant d'ajuster le risque alpha de 5%, à une valeur plus haute ?**
- L'apport de la rééducation miroir est mis en relation à celui d'une rééducation dite classique. Or cette dernière **n'est pas suffisamment détaillée** pour permettre une comparaison objective des différents protocoles.
- Il n'y a pas de **distinction entre les sujets atteints d'un AVC droit et gauche**. Or, les répercussions cognitives sont plus importantes lors d'un AVC droit, qui pourrait se traduire par des effets différents en terme d'efficacité, de la TM.
- Dans les critères d'inclusions, il y a les scores de test des cloches pour évaluer l'hémi-négligence, le Mini Mental State, ce qui exclut peut être une part trop importante de patients hémiplésiques ?
- Il aurait pu être préférable **d'utiliser des techniques d'imagerie (IMRf ou tomographie par émission de positons)** qui auraient pu **vérifier la réorganisation cérébrale après la thérapie miroir (Marian E. et al., 2011)**. Mais ces méthodes d'imagerie sont lourdes et coûteuses à mettre en place..

IX. ANNEXES

- **Annexe n°1** : Feuille de consentement
- **Annexe n°2** : Examen clinique
- **Annexe n°3** : Protocole de randomisation
- **Annexe n°4** : Justification des mouvements inclus dans ce protocole
- **Annexe n°5** : Evolution des résultats de l'équilibre et de la marche
- **Annexe n°6** : Echelle de PEDRo
- **Annexe n°7** : Proposition d'une évaluation psycho-bio-comportementale
- **Annexe n°8** : Règles de publications relatives aux différentes revues internationales anglophones envisagées pour une potentielle publication des résultats
- **Annexe n°9** : Règles de publications relatives aux différentes revues francophones envisagées pour une potentielle publication des résultats

ANNEXE N°1 :
FEUILLE DE CONSENTEMENT

ANNEXE N°2 :
EXAMEN CLINIQUE

ANNEXE N°2 : EXAMEN CLINIQUE

I. ANAMNESE + HISTOIRE DE LA PATHOLOGIE

- Sexe :
- Date de naissance :
- Date de survenue de l'AVC :
- Etiologie de l'AVC :
- ATCD Médicaux :
- ATCD Chirurgicaux :
- Usage d'appareillage ou d'aides techniques :

II. BILAN DE LA DOULEUR

1.3.7 *Echelle de douleur neuropathique, questionnaire DN4*

Pour estimer la probabilité d'une douleur neuropathique, le patient doit répondre à chaque item des 4 questions ci-dessous par « oui » ou « non ».

QUESTION 1	La douleur présente-t-elle une ou plusieurs des caractéristiques suivantes?	Oui	Non
	1. Brûlure	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	2. Sensation de froid douloureux	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	3. Décharges électriques	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
QUESTION 2	La douleur est-elle associée dans la même région à un ou plusieurs des symptômes suivants?	Oui	Non
	4. Fourmillements	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	5. Picotements	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	6. Engourdissements	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	7. Démangeaisons	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
QUESTION 3	La douleur est-elle localisée dans un territoire où l'examen met en évidence?	Oui	Non
	8. Hypoesthésie au tact	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	9. Hypoesthésie à la piqûre	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
QUESTION 4	La douleur est-elle provoquée ou augmentée par:	Oui	Non
	10. Le frottement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Mode d'emploi

Lorsque le praticien suspecte une douleur neuropathique, le questionnaire DN4 est utile comme outil de diagnostic.

Ce questionnaire se répartit en 4 questions représentant 10 items à cocher :

- le praticien interroge lui-même le patient et remplit le questionnaire ;
- à chaque item, il doit apporter une réponse « oui » ou « non » ;
- à la fin du questionnaire, le praticien comptabilise les réponses, 1 pour chaque « oui » et 0 pour chaque « non » ;
- la somme obtenue donne le Score du patient, noté sur 10.

Si le score du patient est égal ou supérieur à 4, le test est positif.

(sensibilité de 82,9 % ; spécificité à 89,9 %)

III. BILAN DE LA SENSIBILITE

1. SENSIBILITE SUPERFICIELLE

- **Sensibilité algique / épricitique :**

Test du pic-touche sur les membres inférieurs, réalisé les yeux fermés, et en demandant la localisation de la stimulation

Score : /10

- **Extinction sensitive :** testée par la stimulation simultanée aux niveaux des plantes de pieds, réalisé les yeux fermés

Présence d'une extinction sensitive ?

2. SENSIBILITE PROFONDE : SOMESTHESIE PROPRIOCEPTIVE

- **Test stathésie de l'hallux**

Score : /10

IV. BILAN ORTHOPEDIQUE

1. ATTITUDE SPONTANEE / POSITION VICIEUSE

- **Pseudo-scoliose :**
- **Hélice du bassin :**
- **Flexum de hanche :** Réductibilité ? Amplitude ?
- **Griffe des orteils :** Réductibilité ? Amplitude ?
- **Recurvatum :** Réductibilité ? Amplitude ?
- **Equin :** Réductibilité ? Amplitude ?

2. AMPLITUDES ARTICULAIRES

Réaliser un test de triple flexion et triplex extension global du membre inférieur, ne noter que les amplitudes dites non fonctionnelles.

	MEMBRE INFERIEUR DROIT	MEMBRE INFERIEUR GAUCHE
FLEXION DE HANCHE		
EXTENSION DE HANCHE		
ABDUCTION DE HANCHE		
ADDUCTION DE HANCHE		
ROTATION INTERNE		
ROTATION EXTERNE		
FLEXION DE GENOU		
EXTENSION DE GENOU		
FLEXION DORSALE DE CHEVILLE		
FLEXION PLANTAIRE DE CHEVILLE		
INVERSION		
EVERSION		
FLEXION DES ORTEILS		
EXTENSION DES ORTEILS		

V. BILAN DE LA MOTRICITE

1.1.1 *Cotation de Held et Pierrot-Desseilligny*

Évaluation de la commande de l'hémiplégique
Held et Pierrot-Desseilligny

La force est appréciée selon une cotation de 0 à 5.

0: absence de contraction

1: contraction perceptible sans déplacement du segment

2: contraction entraînant un déplacement quel que soit l'angle parcouru

3: le déplacement peut s'effectuer contre une légère résistance

4: le déplacement s'effectue contre une résistance plus importante

5: le mouvement est d'une force identique au côté sain

Préciser la position du patient et le cas échéant, la position de facilitation.

Préciser si le mouvement est sélectif ou s'il y a apparition de syncinésies.

Réalisation en **position couchée, décubitus dorsal**

Mouvements	Cotation	Mouvement involontaire associé
Pont bustal		
Flexion de hanche		
Abduction de hanche		
Adduction de hanche		
Flexion de genou		
Extension de genou		
Flexion dorsale de cheville		
Flexion plantaire de cheville		
Eversion		
Inversion		
Flexion orteils		

VI. BILAN DE LA SPASTICITE

Échelle d'Ashworth modifiée (MAS : Modified Ashworth Scale)

0 : pas d'augmentation du tonus musculaire.

1 : légère augmentation du tonus musculaire avec simple "sensation d'accrochage" ou minime résistance en fin de course.

1 + : légère augmentation du tonus musculaire avec simple "sensation d'accrochage" suivi d'une minime résistance au cours de la première moitié de la course musculaire.

2 : augmentation importante du tonus musculaire durant toute la course musculaire mais le segment du membre reste facilement mobilisable.

3 : augmentation considérable du tonus musculaire. Le mouvement passif est difficile.

4 : hypertonie majeure. Mouvement passif impossible.

Muscles	Cotations
Fléchisseurs de hanche	
Extenseurs de hanche	
Adducteurs de hanche	
Quadriceps	
Ischio-jambiers	
Triceps	
Tibial antérieur	
Court fléchisseur des orteils	

VII. BILAN DE L'EQUILIBRE : PASS

Evaluation kinésithérapique des performances posturales = Postural Assessment Structural Scale (PASS)

Le PASS est validé et adapté à une utilisation préférentielle sur le plateau technique. Il nécessite une table de rééducation ou d'examen. Sont évalués à la fois le maintien et le changement de postures, en position allongée, assise et debout. Il est particulièrement adapté à l'examen du patient hémiplegique dans les premiers mois qui suivent la cérébro-lésion, y compris les plus atteints (contrairement à la plupart des autres scores validés).

Mobilité

Couché sur le dos	
Se tourne sur le coté hémi	<input type="checkbox"/>
Se tourne sur le côté sain	<input type="checkbox"/>
S'assoit sur le plan de Bobath	<input type="checkbox"/>
Assis sur le plan de Bobath	
Se couche sur le dos	<input type="checkbox"/>
Se lève	<input type="checkbox"/>
Debout	
S'assoit	<input type="checkbox"/>
Peut ramasser un objet à terre	<input type="checkbox"/>
Total sur 21	<input type="text"/>

Équilibre

Assis sans support	<input type="checkbox"/>
Debout avec support	<input type="checkbox"/>
Debout sans support	<input type="checkbox"/>
Appui monopodal coté hémi	<input type="checkbox"/>
Appui monopodal côté sain	<input type="checkbox"/>
Total sur 15	<input type="text"/>
Total PASS sur 36	<input type="text"/>



Guide de cotation

1 Mobilité

0 : ne peut pas.

1 : peut avec aide importante.

2 : aide modérée.

3 : sans aide.

2 Équilibre

■ Assis

0 : impossible.

1 : nécessite un support modéré.

2 : tient assis plus de 10 secondes sans support.

3 : tient assis plus de 5 minutes sans support.

■ Debout avec support

0 : impossible.

1 : nécessite deux personnes.

2 : aide modérée d'une personne.

3 : ne nécessite que l'aide d'une main.

■ Debout sans support

0 : impossible.

1 : peut rester debout au moins dix secondes sans support
(éventuellement de façon très asymétrique).

2 : peut rester debout au moins 1 minute sans support.

3 : idem 2, peut en plus faire des mouvements amples du(des) membre(s) supérieur(s).

■ Appui monopodal

0 : impossible.

1 : quelques secondes seulement.

2 : plus de cinq secondes.

3 : plus de 10 secondes.

VIII. BILAN DE LA MARCHE

1. EVALUATION DE LA MARCHE

Functional Ambulation Classification modified (FAC modifiée)

Classe 0
Ne peut marcher ou a besoin de l'aide de plus d'une personne
Classe 1
Peut marcher avec l'aide permanente d'une personne
Classe 2
Peut marcher avec l'aide intermittente d'une personne
Classe 3
Peut marcher avec l'aide d'un soutien verbal sans contact physique
Classe 4
Peut marcher seul sur surface plane, mais le passage des escaliers est impossible
Classe 5
Peut marcher seul sur surface plane. Le passage des escaliers est possible avec l'aide d'une tierce personne (contact physique ou simple surveillance)
Classe 6
Peut marcher seul sur surface plane. Le passage des escaliers est possible en utilisant une rampe ou canne, sans aide et/ou surveillance de la part d'une tierce personne
Classe 7
Peut marcher seul sur surface plane. Le passage des escaliers est possible seul mais anormalement (plus lent, avec boiterie), sans aide et/ou surveillance de quelqu'un, ni appui externe
Classe 8 (indépendant)
Peut marcher seul en surface plane et franchit seul, les escaliers de façon normale sans se servir de la rampe ou d'une canne avec passage des marches normalement

2. EVALUATION DE LA VITESSE DE MARCHE : TEST DES 10 M DE MARCHE

Ne pas encourager verbalement pas le patient durant ce test, demander de marche à une vitesse jugée confortable par le patient.

- **Nombres de pas** pour parcourir une distance de 10 m :
- **Temps nécessaire** pour parcourir une distance de 10 m :

IX. BILAN DE L'INDEPENDANCE FONCTIONNELLE

*M*esure de l'indépendance fonctionnelle (MIF)

Indépendance : 7 : indépendance complète (appropriée aux circonstances et sans danger).

6 : indépendance modifié (appareil, adaptation).

Dépendance modifiée : 5 : surveillance. 4 : aide minimale (autonomie = 75 % +).

3 : aide moyenne (autonomie = 25 % +).

Dépendance complète : 2 : aide maximale (autonomie = 25 % +).

1 : aide totale (autonomie = 0 % +).

	Entrée	Séjour	Sortie	Suivi
Soins personnels				
A Alimentation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
B Soins de l'apparence	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C Toilette	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
D Habillage - partie supérieure	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
E Habillage - partie inférieure	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
F Utilisation des toilettes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
G Vessie	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
H Intestins	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mobilité, transferts				
I Lit, chaise, fauteuil roulant	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
J w.c.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
K Baignoire, douche	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Locomotion				
L Marche*, fauteuil roulant*	M <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/>			
M Escaliers	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Communication				
N Compréhension**	A <input type="checkbox"/> V <input type="checkbox"/>			
O Expression***	V <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>			
Conscience du monde extérieur				
P Interactions sociales	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Q Résolution des problèmes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
R Mémoire	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Total	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

*M : marche - *F : fauteuil roulant - **A : auditive - **V : visuelle

***V : verbal - ***N : non verbal

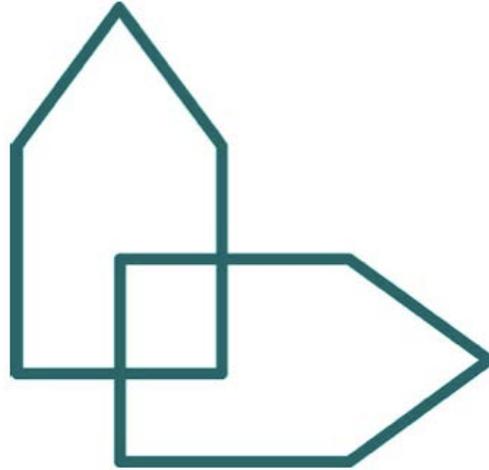
Remarque : si un élément n'est pas vérifiable, cocher niveau 1.

X. BILAN ETAT COGNITIF

Test de Folstein, Mini Mental State (MMS)

	Score	Score maximum
Orientation		
A		
En quelle année sommes-nous ?	<input type="checkbox"/>	
Saison	<input type="checkbox"/>	
Mois	<input type="checkbox"/>	
Quelle est la date ?	<input type="checkbox"/>	
Le jour ?	<input type="checkbox"/>	5
B		
Dans quelle ville sommes-nous ?	<input type="checkbox"/>	
En quel département ?	<input type="checkbox"/>	
En quelle région ou pays ?	<input type="checkbox"/>	
À quel étage sommes-nous ?	<input type="checkbox"/>	
Quel est le nom de l'Hôpital ?	<input type="checkbox"/>	5
Apprentissage		
Donner trois noms d'objets (une seconde par mot ; ex : citron, clé, ballon) à la répétition compter un point par réponse correcte	<input type="checkbox"/>	
Répéter jusqu'à ce que les trois mots soient appris		
Compter le nombre d'essais	<input type="checkbox"/>	3
Attention et calcul		
Compter à partir de 100 en retirant 7 à chaque fois. Arrêter après 5 soustractions		
Noter le nombre de réponses correctes	<input type="checkbox"/>	
Si le patient ne peut ou ne veut effectuer cette tâche, demander d'épeler le mot "monde" à l'envers	<input type="checkbox"/>	5
Rappel		
Demander les trois mots d'objets présentés auparavant, (un point par mot correct)	<input type="checkbox"/>	3
Langage		
Dénommer un stylo, une montre (2 points)	<input type="checkbox"/>	
Répéter : "il n'y a pas de mais, ni de si" (un point)	<input type="checkbox"/>	
Exécuter un ordre triple : "prenez un papier dans la main droite, plier le en deux et jetez-le sur le plancher" (trois points)	<input type="checkbox"/>	
Lire et exécuter un ordre écrit : "Fermez les yeux" (un point)	<input type="checkbox"/>	
Copiez le dessin page suivante (un point)	<input type="checkbox"/>	
Écrire une phrase spontanée (au moins un sujet et un verbe) sémantiquement correcte, mais la grammaire et l'orthographe sont indifférents (un point)	<input type="checkbox"/>	9
Total	<input type="checkbox"/>	
Apprécier le niveau de vigilance sur un continuum		
Vigil	<input type="checkbox"/>	
Obnubilé	<input type="checkbox"/>	
Stupeur	<input type="checkbox"/>	
Coma	<input type="checkbox"/>	

FERMEZ LES YEUX



XI. BILAN HEMI-NEGLIGENCE

Modalités de passation du Bell's Test dit Test des cloches.

Principes et matériels

Au cours du test des cloches, il est demandé au patient d'entourer au stylo les 35 cloches contenues sur une feuille de format A4 au sein de 280 autres figurines "distracteurs" tels que maison, chevaux... (Figure 1). Toutes les figurines sont en noir. Cette feuille est placée devant le patient.

Les cloches paraissent être distribuées de façon aléatoire au sein de l'ensemble des figurines, en fait elles sont réparties en 7 colonnes, chacune de ces colonnes contenant 5 cloches et 40 autres figurines.

En bas de page, une marque ou signet noir permet de situer la page par rapport au plan sagittal médian du patient.

Parmi les sept colonnes, trois se situent dans la partie droite de la page, une en situation médiane et les trois dernières à gauche. Donc, on estimera qu'un patient ayant omis d'entourer les cloches de la colonne située la plus à gauche présente une négligence modérée. Une omission dans des colonnes situées plus médialement sera interprétée comme un signe d'une négligence plus importante de l'espace gauche.

Passation du test

L'examineur est assis en face du patient. En premier lieu, une feuille de démonstration est présentée à ce dernier. Sur cette feuille sont représentées les différentes figurines agrandies et une cloche, qui elle, est encerclée. **Il est demandé au patient de nommer chaque figurine pointée par le doigt de l'examineur afin de bien s'assurer que le patient reconnaisse correctement les différents objets.** Dans

les cas où le patient présenterait, soit des troubles du langage ou lorsque l'examineur suspect des problèmes de compréhension, il est possible pour le patient d'utiliser des cartes représentant les différentes figurines, le patient pourra ainsi en les apposant une à une sur leur équivalent situé sur la feuille de démonstration prouver sa compréhension.

L'examineur donne les instructions orales suivantes : « Votre tâche consiste à l'aide de ce stylo à entourer toutes les cloches disposées sur la feuille de papier que je vais déposer devant vous, et ce, sans perdre de temps. Vous débuterez cette tâche quand je vous donnerai le top de départ : "allez-y", et vous vous arrêterez quand vous estimerez avoir entouré toutes les cloches. Je vous demande aussi d'éviter si possible de bouger ou d'incliner votre buste. » En cas de troubles de la compréhension, l'examineur fera une démonstration de la dite tâche.

La feuille de test (de format A4) sera placée en face du patient, le signet noir situé en bas de page (fléché sur la Figure 1), dans le plan sagittal médian du patient. La feuille de test sera fournie au patient après avoir reçu toutes les instructions. Au cours du test, l'examineur maintiendra la feuille de correction (Figure 2) hors de la vue du patient, et vérifiera la bonne position du signet par rapport au plan sagittal du patient. Le fait que la feuille de test soit à l'envers pour l'examineur facilite la correction. Après que le test ait débuté, l'examineur note l'ordre arithmétique dans lequel le patient entoure les cloches sur sa feuille de correction (cf. 1, 2, 3) ; dans le cas où le patient entoure une autre figurine, donc différente des cloches, l'examineur inscrira sur sa feuille de résultat, le numéro et la localisation de la figurine entourée par erreur. La prochaine cloche entourée sera affublée du numéro suivant. Dans le cas où le patient s'arrête avant que l'ensemble des cloches soient entourées, l'examineur est autorisé à délivrer un message d'alerte comme ceci : « Êtes-vous certains que toutes les cloches soient bien entourées ? Veuillez vérifier une nouvelle fois. » Après cela, la numérotation des cloches effectuée par l'examineur se poursuit, mais les chiffres seront soit entourés, soit soulignés. La tâche sera considérée comme achevée quand le patient arrête de lui-même cette dernière.

Calcul de score

Le nombre total de cloches entourées sera noté ainsi que le temps qu'il a fallu au patient pour s'exécuter. Le score maximal est de 35. L'oubli de 6 cloches ou plus, à droite ou à gauche de la page indique une négligence spatiale unilatérale (Unilateral Spatial Neglect, USN). La distribution spatiale des cloches omises, permet à l'examineur d'évaluer la sévérité de la négligence visuelle, ainsi que de la latéralité de cette négligence (droite ou gauche). La séquence par laquelle le patient a rempli cette tâche peut être figurée en reliant à l'aide de traits les cloches entourées en suivant l'ordre d'exécution effectué par le patient.

Figure 1 (format en réduction)

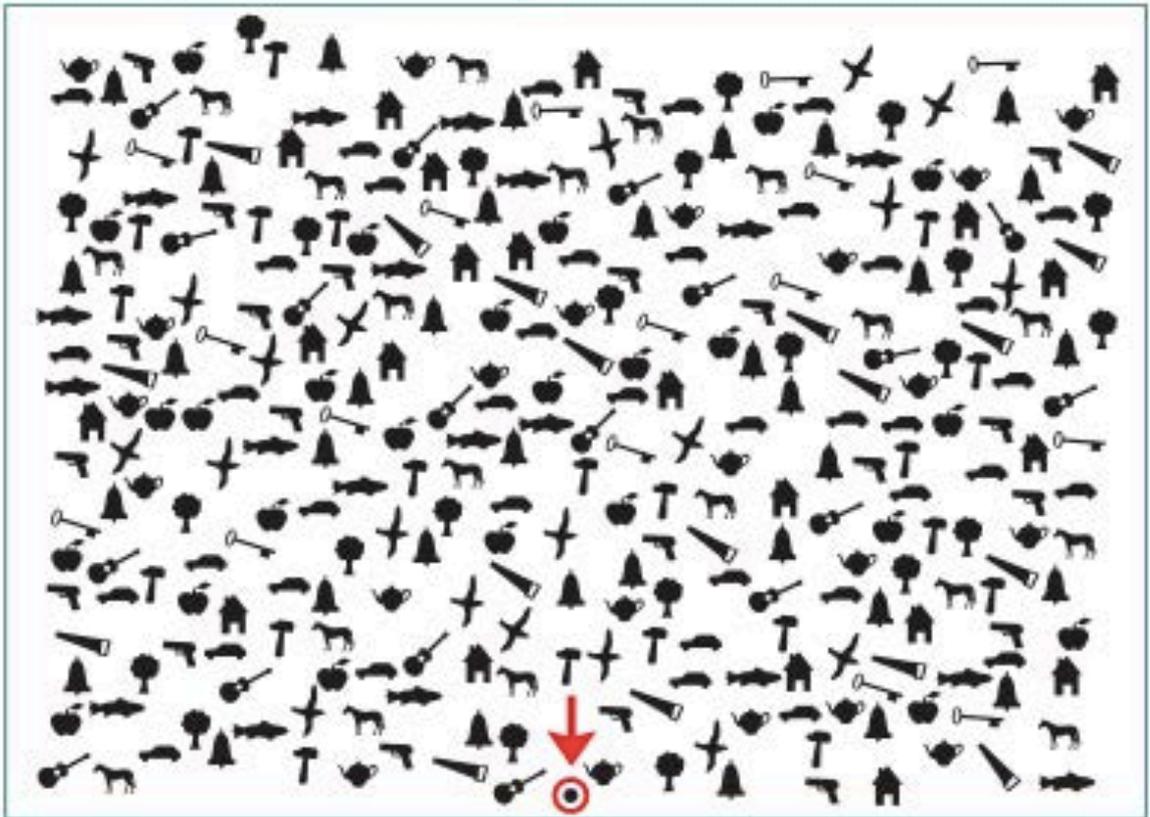
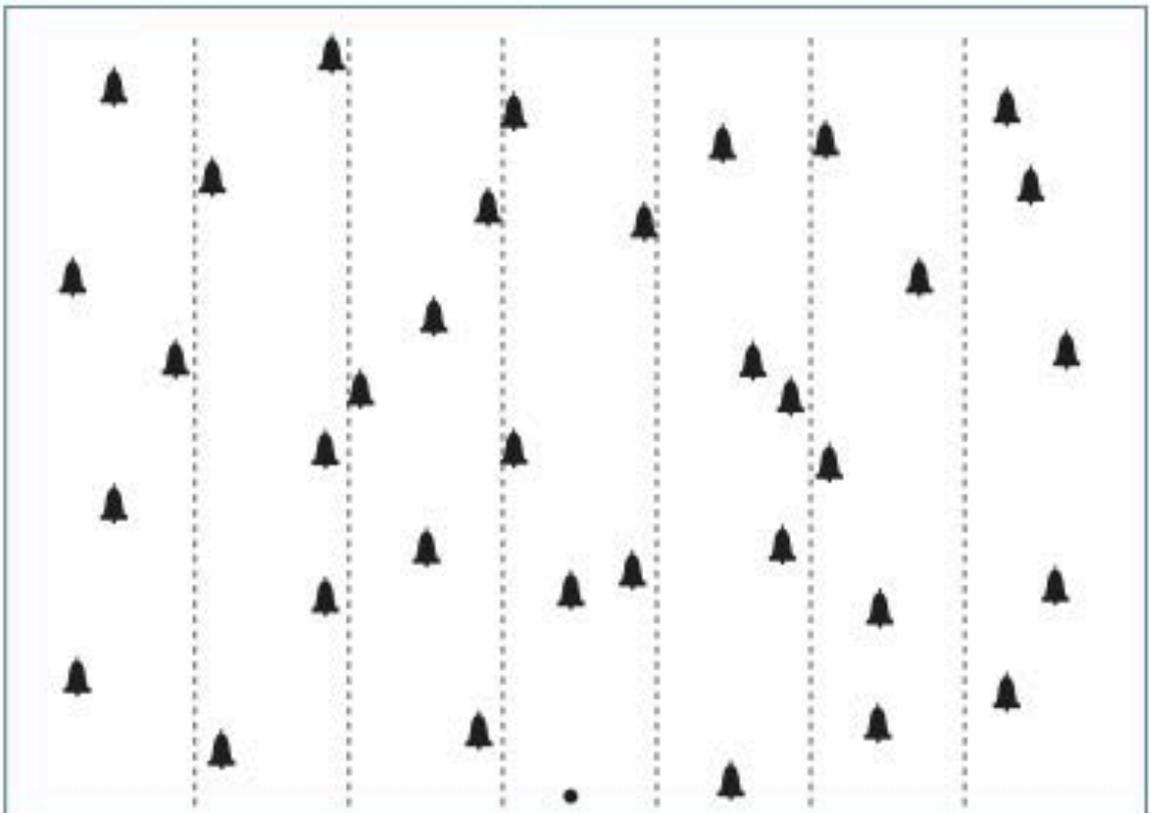


Figure 2 (format en réduction)



XII. BILAN POSTURO STABILOMETRIE

- **Evaluation de l'équilibre en condition statique YO**
- **Evaluation de l'équilibre en condition statique YF**
- **Bilan d'exploration des troubles de l'équilibre**

ANNEXE N°3 :
PROTOCOLE DE RANDOMISATION

ANNEXE N°3 : PROTOCOLE DE RANDOMISATION

La phase de randomisation doit se faire obligatoirement **après vérification** des critères de sélection et la signature du consentement.

La randomisation doit se faire **le plus tard possible**, juste avant l'intervention afin d'éviter les perdus de vue entre la randomisation et le début de l'intervention.

La liste de randomisation doit être établie pour un **nombre supérieur** au **nombre total de personnes participant à la recherche** mentionnée (*ici 20 sujets*). Afin de prévenir les patients perdus de vue ou le remplacement de personnes participants. C'est pourquoi il est nécessaire de **réaliser la randomisation pour un total de 25 participants**.

La liste de randomisation est établie selon le protocole par une **personne** qui est **différente** de la **personne en charge de l'analyse statistique**. Il a été ainsi demandé à une personne extérieure à l'essai pilote de réaliser la randomisation selon le protocole ci-dessous.

PROTOCOLE DE RANDOMISATION AVEC LE LOGICIEL EXCEL

- Réaliser un **tableau** avec 4 colonnes
- COLONNE N°1 : classer les patients en fonction de l'arrivée chronologique au sein de l'étude. Etablir une liste pour 25 participants.
- COLONNE N°2 : utiliser la **fonction ALEAO** afin de générer un nombre aléatoire de distribution normale supérieur ou égal à 0 et inférieur à 1 (*différent à chaque calcul*).
- COLONNE N°3 : attribuer un nombre aléatoire à chaque participants compris entre 1 et 25 sans réaliser de doublon. Utiliser la fonction la **RANG ()** intégrant la **fonction ALEA ()**.
- COLONNE N°4 : Attribuer à chaque patient soit **le chiffre 0** (*correspondant au groupe contrôle*) soit **le chiffre 1** (*correspondant au groupe test*). Utiliser la fonction **ALEA.ENTRE.BORNES (0 ;1)** qui renvoie un nombre aléatoire entre les bornes 0 et 1.

Patient/arrivée chronologique	Fonction aléatoire	Nombre aléatoire/patient	Groupe test/groupe contrôle
Patient 1	0,397988669	12	1
Patient 2	0,816529388	23	1
Patient 3	0,383421074	11	1
Patient 4	0,287030574	7	0
Patient 5	0,820480728	24	0
Patient 6	0,278035185	6	0
Patient 7	0,05067039	2	1
Patient 8	0,330668282	9	0
Patient 9	0,140187843	4	1
Patient 10	0,644734571	16	0
Patient 11	0,65565225	18	1
Patient 12	0,447281371	14	0
Patient 13	0,275010303	5	1
Patient 14	0,711327688	21	1
Patient 15	0,412630612	13	1
Patient 16	0,048529986	1	0
Patient 17	0,652205458	17	1
Patient 18	0,70196901	20	1
Patient 19	0,692353197	19	0
Patient 20	0,62887366	15	1
Patient 21	0,834951837	25	1
Patient 22	0,290516576	8	0
Patient 23	0,362080608	10	1

ANNEXE N°4 :

**JUSTIFICATION DES MOUVEMENTS INCLUS DANS CE
PROTOCOLE**

ANNEXE N°4 : JUSTIFICATION DES MOUVEMENTS INCLUS DANS CE PROTOCOLE

I. PREMIERE SEMAINE DU PROTOCOLE

1.1 MOUVEMENT N°1

Cet exercice permet de travailler la phase pré-oscillante du MI lors de la phase d'appui. Cette phase permettant d'amorcer le démarrage de la phase oscillante est primordiale. L'avancée du MI en triple flexion est souvent difficile. Dans le cas où le patient marche avec rétroimpulsion de l'hémicorps sans flexion de hanche et du genou.

Lors des positions de départ et d'arrivée il est important de porter l'attention du patient sur le contrôle de la position du genou, notamment sur le recurvatum du genou par défaut de proprioception. Le recurvatum du MI hémiparétique majore la rétroimpulsion de l'hémibassin et le risque de chute par dérobement du genou.

1.2 MOUVEMENT N°2

Cet exercice permet de travailler la phase de contact initial du MI lors de phase d'appui du cycle de la marche. La phase taligrade de la marche, par l'attaque du talon au sol, est souvent déficiente chez les patients hémiparétiques. Plusieurs hypothèses concernant l'étiologie de ce déficit peuvent être émises par l'insuffisance des releveurs, la spasticité du triceps, le déficit articulaire en flexion dorsale de la talo-crurale, troubles de la sensibilité ou par perte du schéma de marche normal. C'est pour cela que le travail de cette phase est primordial.

Durant cet exercice, il faut insister sur le contrôle et la flexion de genou. En effet, chez de nombreux patients hémiparétiques est retrouvé une insuffisance du contrôle du genou (dû à une spasticité des gastrocnémiens, insuffisance du rapport quadriceps/ischiojambiers). (De Morand, 2011).

1.3 MOUVEMENT N°3

Cet exercice permet de travailler la phase d'appui lors du cycle de la marche.

1.4 MOUVEMENT N°4

Cet exercice permet de travailler la phase pré-oscillante de la phase d'appui du cycle de marche, par la triple flexion du MI. Mais il permet aussi de travailler la phase d'oscillation par l'avancée du pied vers l'avant et vers l'arrière.

1.5 MOUVEMENT N°5

Ce mouvement de dorsiflexion de l'articulation talo-crurale est celui retrouvé dans l'étude réalisée par l'équipe de S.Sütbeyaz (S.Stübeyaz et al., 2007).

1.6 MOUVEMENT N°6

Ce mouvement permet de travailler la phase d'oscillation du cycle de la marche et s'inspire de la diagonale de flexion, adduction et rotation externe de hanche de Kabat.

II. DEUXIEME SEMAINE DU PROTOCOLE

2.1 MOUVEMENT N°1

Même justification que celle pour le mouvement n°2 de la première semaine du protocole.

2.2 MOUVEMENT N°2

Même justification que celle pour le mouvement n°6 de la première semaine du protocole.

2.3 MOUVEMENT N°3

Cet exercice permet d'une part de travailler l'avancée du MI en triple flexion lors de la phase oscillante. Le fait de travailler avec un ballon dans cet exercice, permet de travailler la stabilité du pied. Ceci permet aussi de travailler avec un objet du précédent quotidien du patient avec un but concret.

2.4 MOUVEMENT N°4

Cet exercice permet de travailler la finesse du mouvement et le contrôle du MI. En effet, pour ne pas faire tomber les cônes lors du mouvement, le patient doit apprendre à doser son mouvement et à l'orienter.

2.5 MOUVEMENT N°5

Ce mouvement permet simuler les activités supérieures de la marche, notamment la montée d'escalier. Cet exercice s'inspire du travail en tâche orientée, par l'apprentissage d'une tâche précise à visée fonctionnelle, que le patient connaît afin de permettre d'optimiser l'efficacité de la rééducation.

Les exercices de stepping, intéressantes pour l'amélioration du temps d'appui unipodal sur le MI hémiparétique, sont utiles pour entraîner les extenseurs du MI parétique à travailler ensemble de manière concentrique et excentrique. Elles améliorent ainsi l'appui unipodal.

2.6 MOUVEMENT N°6

Cet exercice est en CCF. Il permet de simuler le fait de s'asseoir et de se relever d'une chaise. Cet exercice s'inspire du travail en tâche orientée, par l'apprentissage d'une tâche précise à visée fonctionnelle, que le patient connaît afin de permettre d'optimiser l'efficacité de la rééducation.

De plus cet exercice permet de travailler le contrôle de la phase d'appui, en incitant le patient à avoir l'attention de répartir le poids de son corps sur ses deux MI. La qualité de l'appui au sol, lors de la phase d'appui, est déterminante pour la sécurité de la marche.

III. TROISIEME SEMAINE DU PROTOCOLE

3.1 MOUVEMENT N°1

Même justification que celle pour le mouvement n°2 de la première semaine du protocole.

3.2 MOUVEMENT N°2

Ce mouvement permet de réaliser la phase digitigrade, d'une importance majeure dans le schéma de la marche.

Chez les patients hémiparétiques, la phase de propulsion du schéma général de la marche est souvent déficiente voire absente. Plusieurs hypothèses concernant l'étiologie de ce déficit peuvent être émises notamment insuffisance du triceps, spasticité du triceps, limitation articulaire de la cheville ou encore griffe des orteils. De plus, l'hypoextensibilité de l'iliopectineal, du droit fémoral ou une insuffisance du grand fessier peuvent être à l'origine d'un déficit de l'extension de hanche (De Morand, 2011). Durant cet exercice, il est aussi important de montrer l'importance du contrôle du genou. En effet, fréquemment il est

retrouvé un recurvatum dynamique de genou (dû à la spasticité du tibial postérieur, des ischiojambiers, aux troubles de sensibilité profonde) durant cette phase.

La structure miroir trouve son intérêt principal dans le fait de pouvoir réaliser cette phase de propulsion avec l'extension de la hanche.

3.3 MOUVEMENT N°3

Cet exercice permet de travailler selon un objectif concret, que le patient connaît par le fait de « shooter » dans un ballon.

3.4 MOUVEMENT N°4

Cet exercice permet de travailler la finesse du mouvement et le contrôle du MI. En effet, pour ne pas faire tomber les cônes lors du mouvement, le patient doit apprendre à doser son mouvement et à l'orienter.

A ce stade, par les différentes positions du pied demandé la difficulté est augmentée par rapport à la 2ème semaine, incitant le patient à doser sa force au sein de son pied.

3.5 MOUVEMENT N°5

Ce mouvement permet simuler les activités supérieures de la marche, notamment la montée d'escalier.

3.6 MOUVEMENT N°6

Cet exercice est en CCF, permet de réaliser une simulation d'un relevé de chaise et le fait de s'asseoir sur une chaise.

IV. QUATRIEME SEMAINE DU PROTOCOLE

4.1 MOUVEMENT N°1

Ce mouvement permet de travailler la phase taligrade, première séquence de la marche.

4.2 MOUVEMENT N°2

Ce mouvement permet de réaliser la phase digitigrade, d'une importance majeure dans le schéma de la marche. Le travail de la phase de propulsion, a augmenté en terme difficulté par rapport aux semaines antérieures, car un obstacle est placé face au membre inférieur.

4.3 MOUVEMENT N°3

Le travail de la phase taligrade a augmenté en terme difficulté par rapport aux semaines antérieures, car un obstacle est placé face au membre inférieur.

4.4 MOUVEMENT N°4

Même justification que celle pour le mouvement n°4 de la troisième semaine du protocole.

4.5 MOUVEMENT N°5

Même justification que celle pour le mouvement n°5 de la troisième semaine du protocole.

4.6 MOUVEMENT N°6

Cet exercice est réalisé en CCF.

ANNEXE N°5 :

EVOLUTION DES RESULTATS

DE L'EQUILIBRE ET DE LA MARCHE

ANNEXE n°5 : EVOLUTION DES RESULTATS DE L'EQUILIBRE ET DE LA MARCHE

GROUPE TEST : EQUILIBRE : CRITERE DE JUGEMENT SECONDAIRE

	Patient n°1	Patient n°2	Patient n°3
PASS	0	0	0

GROUPE CONTROLE: EQUILIBRE : CRITERE DE JUGEMENT SECONDAIRE

	Patient n°1	Patient n°2	Patient n°3
PASS	+2	0	+2

GROUPE TEST : MARCHE: CRITERE DE JUGEMENT SECONDAIRE

	Patient n°1	Patient n°2	Patient n°3
FAC	+1	0	0

GROUPE TEST : MARCHE: CRITERE DE JUGEMENT SECONDAIRE

	Patient n°1	Patient n°2	Patient n°3
FAC	+2	0	+1

ANNEXE N°6 :
ECHELLE DE PEDRO

ANNEXE N° 6: ECHELLE DE PEDRO

D'après un email reçu le 20 avril 2016 par le Pr A. Moseley

Critère n°1 = Les critères d'éligibilité ont été précisés :

Conditions dans ce protocole : J'ai précisé les critères d'inclusions, les critères de non inclusions et les critères d'exclusions. Les patients qui ont participé à cette étude ont été sélectionnés sur ces critères. La population source est composée de patients hémiparétiques post-AVC.

Réponse du Pr A. Moseley : The criterion for this item is "This criterion is satisfied if the report describes the source of subjects and a list of criteria used to determine who was eligible to participate in the study." So to score a "yes" you also need to specify the source of subjects.

Critère n°2 = Les sujets ont été répartis aléatoirement dans les groupes :

Conditions dans ce protocole : La randomisation a été réalisée par le biais de fonction aléatoire grâce au logiciel Excel.

Réponse du Pr A. Moseley : "Yes" appears to be correct.

Critère n°3 = La répartition a respecté une assignation secrète :

Conditions dans ce protocole : La randomisation a été réalisée par une personne extérieure à l'étude et la personne qui a déterminé si le patient correspondait aux critères fixés pour participer à l'étude, n'avait pas connaissance de la randomisation.

Réponse du Pr A. Moseley : "Yes" appears to be correct.

Critère n°4 = Les groupes étaient similaires au début de l'étude au regard des indicateurs pronostiques les plus importants :

Conditions dans ce protocole : Avant le début de l'étude, il y a eu une vérification de l'homogénéité de l'échantillon. Cependant, les groupes test et contrôle n'ont pas pu être comparés par une comparaison de moyennes pour deux échantillons indépendants.

Réponse du Pr A. Moseley : Statistical testing is not required for this item. Baseline statistical testing is now discouraged in trials – a good place to start reading on this is the CONSORT statement. To score a "yes" for this item the paper needs to report baseline data for each group for at least 2 variables (one key outcome and one prognostic factor) AND the rater needs to judge these to be clinically similar.

Critère n°5 = Tous les sujets étaient en « aveugle » :

Conditions dans ce protocole : La TMI ne permet pas de réaliser ce critère, en effet les patients savent s'ils font partis du groupe test (*mouvements réalisés face au miroir*) ou au groupe contrôle (*mouvements réalisés face à la partie non réfléchissante du miroir*).

Réponse du Pr A. Moseley : "No" appears to be correct.

Critère n°6 = Tous les thérapeutes ayant administré le traitement étaient « en aveugle » :

Conditions dans ce protocole Même raisonnement que pour le critère n°5.

Réponse du Pr A. Moseley : “No” appears to be correct.

Critère n°7 = Tous les examinateurs étaient « en aveugle » pour au moins un des critères de jugement essentiels :

Conditions dans ce protocole L'évaluateur qui a réalisé les bilans initiaux et les bilans terminaux de l'étude n'avait pas connaissance de l'appartenance du patient évalué au groupe test ou au groupe contrôle.

Réponse du Pr A. Moseley : “Yes” appears to be correct.

Critère n°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 :

Conditions dans ce protocole Le critère de jugement essentiel a été mesuré à hauteur de 100%, chez tous les patients inclus, à la fois lors des bilans initiaux et des bilans terminaux.

Réponse du Pr A. Moseley : « Yes » appears to be correct.

Critère n°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 » :

Conditions dans ce protocole Tous les sujets ont reçu le traitement ou ont suivi l'intervention contrôle.

Réponse du Pr A. Moseley : The key issue with intention-to-treat analysis is that the subjects were analysed according to their initial group allocation, regardless of compliance. I think you are saying that subjects received the treatment or control intervention as allocated and were analysed according to their initial group allocation, so “yes” appears to be correct.

Critère n°10 = Les résultats des comparaisons statistiques intergroupes sont indiqués pour au moins un des critères de jugement essentiels :

Conditions dans ce protocole Des tests statistiques n'ont pas pu être réalisés.

Réponse du Pr A. Moseley : To satisfy this item either the results of statistical testing (usually in the form a p-value for the group x time interaction) OR in the form of an estimate (eg, mean between-group difference and 95% confidence interval). It sounds to me like you have done the latter, so “yes” appears to be correct.

Critère n°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 :

Conditions dans ce protocole : L'estimation des effets et de l'estimation de la variabilité des critères de jugement essentiels n'ont pas été effectués.

Réponse du Pr A. Moseley : « No » appears to be correct.

TOTAL = 6/11

ANNEXE N°7:

**PROPOSITION D'UNE EVALUATION
PSYCHO-BIO-COMPORTEMENTALE**

ANNEXE N°7: PROPOSITION D'UNE EVALUATION PSYCHO-BIO-COMPORTEMENTALE

1. EVALUATION DES EMOTIONS :

Qu'avez vous ressenti au cours des différentes semaines ?

Classer ces adjectifs du plus ou au moins significatif :

1. Intrigant (*laisser perplexe*)
 2. Innovant (*inédit, nouveauté, invention*)
 3. Irritant (*agacement, contrariant, embêtant*)
 4. Angoissant (*inquiétant, anxiogène, pénible, oppressant*)
- Semaine 1 :
 - Semaine 2 :
 - Semaine 3 :
 - Semaine 4 :

Résultats :

	Semaine 1	Semaine 2	Semaine 3	Semaine 4
Patient n°1	2 - 1 - 3 - 4	2 - 1 - 3 - 4	2 - 1 - 3 - 4	2 - 1 - 3 - 4
Patient n°2	2 - 1 - 3 - 4	2 - 1 - 3 - 4	2 - 1 - 3 - 4	2 - 1 - 3 - 4
Patient n°3	1 - 2 - 3 - 4	2 - 1 - 3 - 4	2 - 1 - 3 - 4	2 - 1 - 3 - 4

2. EVALUATION DES « PENSEES AUTOMATIQUES »

Quelles pensées avez-vous eu à ce moment là ?

Croire que les deux membres inférieurs sont « *normaux* » : quel niveau de croyance leur accordez-vous sur une échelle de 0 (*jamais cru*) à 100 (*totalemtent cru*) ?

- Semaine 1 :
- Semaine 2 :
- Semaine 3 :
- Semaine 4 :

Résultats :

	Semaine 1	Semaine 2	Semaine 3	Semaine 4
Patient n°1	60%	60%	80%	80%
Patient n°2	80%	80%	90%	90%
Patient n°3	100%	100%	100%	100%

Vous vous êtes laissez surprendre à croire que c'était vraiment votre jambe parétique que le miroir reflétait ? Si oui, à quel moment ?

Patient n°1 : *« Oui quand j'arrivais à réaliser les mouvements de manière symétriques, parfois le temps de quelques secondes j'ai vraiment cru que c'était ma jambe parétique que je voyais dans le reflet du miroir. »*

Patient n°2 : *« Oui je me suis laissé surprendre à croire que c'était ma vrai jambe dans le reflet du miroir, le temps de quelques secondes, notamment au cours de la 1^{ère} semaine. Puis après en réfléchissant, je savais que ce n'était pas ma vrai jambe que je voyais dans le reflet.*

Mais il faut faire la distinction entre l'impression et la croyance. J'ai eu l'impression que c'était ma jambe parétique que je voyais dans le reflet du miroir, un peu sur tous les exercices. J'ai eu 100% d'impression que c'était ma jambe dans le reflet du miroir, au cours de la 3^{ème} et 4^{ème} semaine quand je devais réaliser les mouvements avec la pointe de pieds, ou me relever comme d'une chaise ou encore l'exercice avec les cônes de différentes couleurs. »

Patient n°3 : *« Oui quand j'ai eu une sensation de grattements, j'ai vraiment cru que c'était au niveau de la jambe que je voyais dans le reflet du miroir. »*

3. QUESTION OUVERTE

Remarques particulières ?

Patient n°1 :

« C'est une thérapie qui est fatigante car elle demande beaucoup de concentration, mais c'est bénéfique.

Concernant le matériel le baudrier de marche n'est pas confortable. Il faudrait aussi renforcer le système de mousse pour que ce soit plus agréable. Sinon tout le reste est vraiment bien. »

Patient n°2 :

« C'est une thérapie très intéressante, j'ai eu de nouvelles sensations avec le membre inférieur. Alors que la thérapie miroir pour le membre supérieur, cela fatigue plus, c'est plus confortable mais j'ai l'impression que c'est moins efficace.

La position debout est moins confortable dû au baudrier, qui je pense altère une partie de la concentration et l'impression. Il y a parfois des rappels auditifs qui faussent les croyances. »

Patient n°3 :

« Quand on a une hémiplegie de longue date comme moi, la marche est à perfectionner. Il faut chercher la finesse du mouvement. Grâce à cette thérapie on peut intégrer les mouvements manquant et travailler avec beaucoup de précision.

La position debout avec le harnais n'est pas très confortable.

Les mouvements que j'ai préférés ce sont ceux avec les steppes, comme pour monter une marche d'escalier et ceux avec le ballon. L'exercice avec les cônes de différentes couleurs, c'est difficile et on ne fait plus trop attention au miroir. Mais comme après j'ai réussi à le faire avec ma jambe parétique, c'est vraiment intéressant !

Réaliser la thérapie miroir avec un miroir simple, c'est plus inconfortable et moins immersif qu'avec la structure en miroir. De plus, on ne peut pas travailler l'extension de hanche. »

ANNEXE N°8 :

**REGLES DE PUBLICATIONS RELATIVES AUX
DIFFERENTES REVUES INTERNATIONALES
ANGLOPHONES ENVISAGEES POUR UNE
POTENTIELLE PUBLICATION DES RESULTATS**