

MINISTERE DE LA SANTE  
REGION LORRAINE  
INSTITUT LORRAIN DE FORMATION DE MASSO-KINESITHERAPIE DE NANCY

**IMAGERIE MOTRICE ET IMMOBILISATION :  
PROPOSITION D'UN LIVRET D'AUTO-  
REEDUCATION A DESTINATION DU PATIENT**

Mémoire présenté par **Fanny CUNAT**

étudiante en 3ème année de masso-  
kinésithérapie en vue de l'obtention du  
Diplôme d'Etat de Masseur-Kinésithérapeute

2013-2016

## SOMMAIRE

### RESUME

1. INTRODUCTION.....	1
2. METHODE DE RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE.....	2
3. PRESENTATION DE L'IMAGERIE MOTRICE.....	2
3.1. Historique.....	2
3.2. Différents types d'IM.....	3
3.3. Bases neuroscientifiques établissant une similitude entre IM et exécution du mouvement.....	3
3.3.1. Activation des aires corticales lors de l'IM.....	3
3.3.2. Comparaison de l'activité cérébrale lors de l'IMV et lors de l'IMK.....	5
3.3.3. Loi de Fitts's.....	5
3.3.4. Effets sur le Système Nerveux Autonome (SNA).....	6
3.4. Méthodes d'évaluation des capacités d'IM.....	6
3.4.1. MIQ : Movement Imagery Questionnaire.....	6
3.4.2. Autres moyens d'évaluation.....	7
3.4.3. Evaluation des capacités en fonction de l'âge.....	8
4. APPLICATIONS.....	8
4.1. Dans le domaine sportif.....	8
4.2. En neurologie après un Accident Vasculaire Cérébral.....	9
5. APPLICATION SPECIFIQUE A UNE PERIODE D'IMMOBILISATION.....	10
5.1. Sélection des études.....	10
5.2. Conséquences de l'immobilisation.....	11
5.2.1. Généralités.....	11
5.2.2 Conséquences sur les représentations sensori-motrices corticales.....	11

5.2.3. Conséquences sur les représentations du membre dominant .....	12
5.2.4. Conséquences sur les zones corticales et les capacités d'IM .....	13
5.2.5. Conséquences sur le plan musculaire .....	14
5.2.6. Conséquences sur les amplitudes articulaires .....	15
5.3. Rôle de l'IM .....	15
5.3.1. Maintien des amplitudes articulaires .....	15
5.3.2. Maintien de la force .....	16
5.3.3. Diminution des douleurs .....	19
5.4. Conclusions des études :.....	19
5.4.1. Importance de l'IM kinesthésique.....	19
5.4.2. Intérêt du Mental Gait Training.....	20
5.4.3. Pertinence d'une évaluation préalable des capacités d'IM .....	21
5.5. Elaboration d'un protocole.....	21
5.5.1. Critères d'efficacité de l'IM.....	21
5.5.2. Proposition d'un protocole .....	22
6. MISE EN PLACE DU LIVRET .....	23
6.1. Objectifs du livret .....	23
6.2. Méthodologie à propos de la conception.....	24
6.3. Modalités d'utilisation, stratégies de diffusion .....	24
6.4. Contenu .....	25
6.4.1. Titre du livret (page 1).....	25
6.4.2. Introduction (pages 3 à 5) .....	25
6.4.3. Déficits liés à l'immobilisation (pages 5 et 6).....	25
6.4.4. Effets de l'imagerie motrice (page 6).....	26
6.4.5. Protocole (pages 7 à 12).....	26
6.4.6. Suivi des séances (pages 12 et 13) .....	27

6.4.7. Poursuite de la rééducation après immobilisation (page 14) .....	27
7.DISCUSSION .....	27
8. CONCLUSION .....	30
BIBLIOGRAPHIE	
ANNEXES	

## RESUME

L'imagerie motrice est plus qu'une technique utilisée dans le domaine du sport, c'est aussi une technique de rééducation généralement pratiquée dans le domaine de la neurologie, notamment pour des patients victimes d'accident vasculaire cérébral. Elle a été également récemment expérimentée chez des patients parkinsoniens et des amputés pour leurs douleurs fantômes. Nous nous sommes intéressés ici à l'emploi de l'imagerie motrice lors des périodes d'immobilisation post-traumatique, où la rééducation est limitée à cause de la consigne d'interdiction de mouvement et à cause des douleurs présentes assez fréquemment à cette phase.

Ainsi pour débiter notre travail, des recherches globales sur l'imagerie motrice, ont été réalisées afin de mieux connaître cette technique, puis nous avons essayé de répertorier toutes les études traitant de son utilisation lors des périodes d'immobilisation, mais également en complément d'une rééducation fonctionnelle normale afin de pouvoir élargir notre point de vue. Les effets de l'imagerie motrice ont été mis en évidence sur la perte de force, d'amplitude articulaire et également sur la diminution des douleurs. Nous avons d'autre part extrait certains points qui nous ont semblés importants à prendre en compte lors d'une rééducation par imagerie motrice : l'évaluation des capacités d'imagerie du patient avant de mettre en place le protocole, et l'importance d'adopter un point de vue interne où le patient s'imagine ressentir des informations proprioceptives correspondantes au mouvement imaginé.

Le travail de recherche nous a ensuite permis de concevoir un protocole basé sur l'imagerie motrice et de l'intégrer à un livret d'auto-rééducation proposé au patient lors de sa phase d'immobilisation. Son emploi régulier peut, en conséquence, diminuer les déficits produits par l'immobilisation et peut donc par la suite accélérer la rééducation et améliorer le résultat fonctionnel à long terme.

Mots clés : imagerie motrice, imagerie mentale, immobilisation

Key words : motor imagery, mental imagery, mental practice, immobilization

## 1. INTRODUCTION

L'IM est définie selon Decety comme «un état dans lequel un sujet simule mentalement une action» [1], ou encore comme le fait de «s'imaginer une action sans l'exécuter physiquement» [2]. Elle est en outre une technique ne nécessitant pas de mouvement de la part du patient mais il faut que celui-ci requiert une bonne capacité d'attention et de concentration. Cette technique a également pour avantage de ne nécessiter aucun matériel spécifique, et peut être réalisée à terme en autonomie, mais elle demande en contrepartie un certain temps d'apprentissage.

La rééducation par imagerie motrice (IM) a obtenu un grade B pour la prise en charge des patients ayant subi un accident vasculaire cérébral (AVC) selon les recommandations de la HAS [3]. Mais ce n'est pas sa seule application en rééducation : des études ont montré son efficacité sur la maladie de Parkinson [4], mais aussi dans la gestion des douleurs chroniques [5] et des douleurs fantômes chez les amputés [6]. Son utilisation est également reconnue au delà du domaine de la rééducation, plus précisément dans le milieu sportif à visée d'amélioration du geste technique et donc de la performance.

Etant donné que nous pouvons réaliser ce type de rééducation lorsqu'aucun mouvement n'est permis, nous avons voulu étudier son application lors d'une immobilisation, celle-ci pouvant laisser s'installer de nombreux déficits : la perte de force et d'amplitude articulaire sont en effet deux conséquences majeures à récupérer habituellement à la levée de l'immobilisation. De plus, l'immobilisation entraîne une altération des représentations motrices corticales, et cela dès 48 heures. Un petit nombre d'études ont été publiées à propos de l'utilisation de l'IM en période d'immobilisation, nous les avons donc lues séparément, puis nous les avons comparées. Nous avons également pris en compte quelques études associant IM et pratique physique afin de compléter nos connaissances. Des points essentiels ont ensuite été mis en évidence, notamment la nécessité d'évaluer les capacités d'IM du patient.

Puis, dans un soucis d'amélioration et de renforcement de la prise en charge lors de la phase d'immobilisation, nous nous sommes posé la question suivante : comment peut-on optimiser la pratique de l'imagerie motrice chez des patients immobilisés afin de réduire les

déficiences liées à l'immobilisation ? Pour y répondre, nous proposons un protocole d'auto-prise en charge, présenté dans un livret à destination du patient, dans lequel nous expliquons de la façon la plus claire possible les mécanismes de l'IM, et ses effets afin que le patient puisse adhérer au traitement et que celui-ci soit efficace. Le protocole a été établi selon les critères essentiels que nous avons pu ressortir dans la littérature.

## 2. METHODE DE RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

La recherche bibliographique que nous avons effectuée s'est déroulée de juillet 2015 à avril 2016. Nous avons interrogé les moteurs de recherche scientifiques suivants : en premier lieu PubMed, puis Cochrane Library, Science Direct, PeDro, Kinédoc, puis nous avons cherché des articles traitant du sujet dans les archives de Kinésithérapie la revue, Kiné scientifique et Kiné Actualité. Nous nous sommes également servis de la base de donnée de Réédoc à Nancy. Nous avons utilisé la conjugaison des mots clés "immobilization" AND "motor imagery", "mental imagery" ou encore "mental practice". Nous avons préférentiellement utilisé ces mots clés en anglais sur les bases de données internationales, et nous les avons traduit en français pour effectuer des recherches dans les revues de kinésithérapie françaises. Puis au fur et à mesure que nous lisions des articles, une recherche par auteur a été mise en place en parallèle pour compléter nos connaissances et notre bibliographie. Nous avons réalisé un diagramme de flux pour synthétiser notre stratégie documentaire (ANNEXE 1). De plus, tous les articles sélectionnés ont été inscrits dans un tableau Excel (ANNEXE 2).

## 3. PRESENTATION DE L'IMAGERIE MOTRICE

### 3.1. Historique

Au fur et à mesure du temps, différentes théories se sont opposées en ce qui concerne la relation entre le corps et l'esprit. Ainsi se distinguent deux groupes : le dualisme et le monisme [7]. Depuis une vingtaine d'années, les avancées neuroscientifiques ont fait pencher la balance plutôt en faveur du monisme, sur le concept d'unité du corps et de l'esprit. En

anglais, le terme "embodiment" a donc pu voir le jour : il regroupe le système du corps, de l'esprit et va même plus loin en intégrant les notions d'environnement physique et social. Ce terme n'a malheureusement pas de traduction française.

### 3.2. Différents types d'IM

Plusieurs sortes d'IM semblent se différencier. Dans un premier temps, nous pouvons parler de l'imagerie motrice visuelle (IMV) : celle-ci peut s'exercer à la première personne, on parle alors d'imagerie interne (le sujet se concentre pour s'imaginer faire lui-même le mouvement demandé). Mais elle peut également être réalisée à la troisième personne, autrement dit imagerie externe : le sujet s' imagine alors être le spectateur d'un mouvement réalisé par un tiers.

Le deuxième type d'imagerie est l'imagerie motrice kinesthésique (IMK) : elle est réalisée d'un point de vue interne, le sujet s' imagine faire lui-même le mouvement et essaie d'en ressentir les informations proprioceptives mises en jeu comme la variation des amplitudes articulaires, la mise en tension des muscles, et leur contraction plus ou moins franche.

### 3.3. Bases neuroscientifiques établissant une similitude entre IM et exécution du mouvement

#### 3.3.1. Activation des aires corticales lors de l'IM

Decety et Jeannerod ont chacun leur tour essayé de déterminer une cartographie des zones du cerveau impliquées dans l'IM en 1994 et 1999 [8,9]. Depuis, une multitude d'études ont été publiées à ce sujet si bien qu'une méta-analyse a été réalisée en 2013 par Hétu [10]. Au total, 75 études sont répertoriées afin de répondre à la question de l'activation des aires corticales lors de l'IM. Plusieurs structures sont impliquées dans l'IM (fig. 1) avec tout d'abord un large réseau fronto-pariétal : on retrouve l'activation du cortex prémoteur et du gyrus frontal inférieur, de l'aire motrice supplémentaire (importante pour l'association des actions et les représentations visuo-spatiales), ainsi que du cortex pariétal, notamment des lobes supérieurs et inférieurs. Ce dernier est un centre d'intégration sensoriel mais est également le siège des représentations motrices. C'est pourquoi une atteinte de cette zone (fréquente dans les AVC) peut entacher les capacités d'IM d'une personne.



D' autres structures impliquées lors de l'IM sont les noyaux sous-corticaux, autrement appelés noyaux gris centraux ou ganglions de la base. Une activité est décrite dans le putamen et le pallidum : ceux-ci servent en effet de relais des zones corticales et ont un rôle dans la préparation, l'exécution et le contrôle du mouvement. Dans la maladie de Parkinson, l'activité de ces structures est altérée, et l'IM peut donc être une technique de rééducation intéressante. Enfin, une partie du cervelet peut également être activée lors de l'IM : son rôle est toujours lié au contrôle moteur.

La question de l'activation du cortex moteur primaire (M1) est controversée. Selon les articles sélectionnés dans la méta-analyse, seulement 18% relèvent une action de M1. Cela peut être dû à la méthode d'investigation de l'activité du cerveau humain. En effet les études étudiant l'activation cérébrale par Tomographie par Emission de Positons (TEP) ou Imagerie par Résonance Magnétique fonctionnelle (IRMf) n'impliquent pas forcément le cortex moteur primaire dans l'IM alors que les études par Stimulation Magnétique Transcranienne (SMT) si. Ce phénomène serait dû à l'examen plus spécifique du cerveau lors de la SMT par "régions d'intérêt" (traduit littéralement de l'anglais "regions of interest"), alors que les autres pratiques utilisent comme base le cerveau entier.

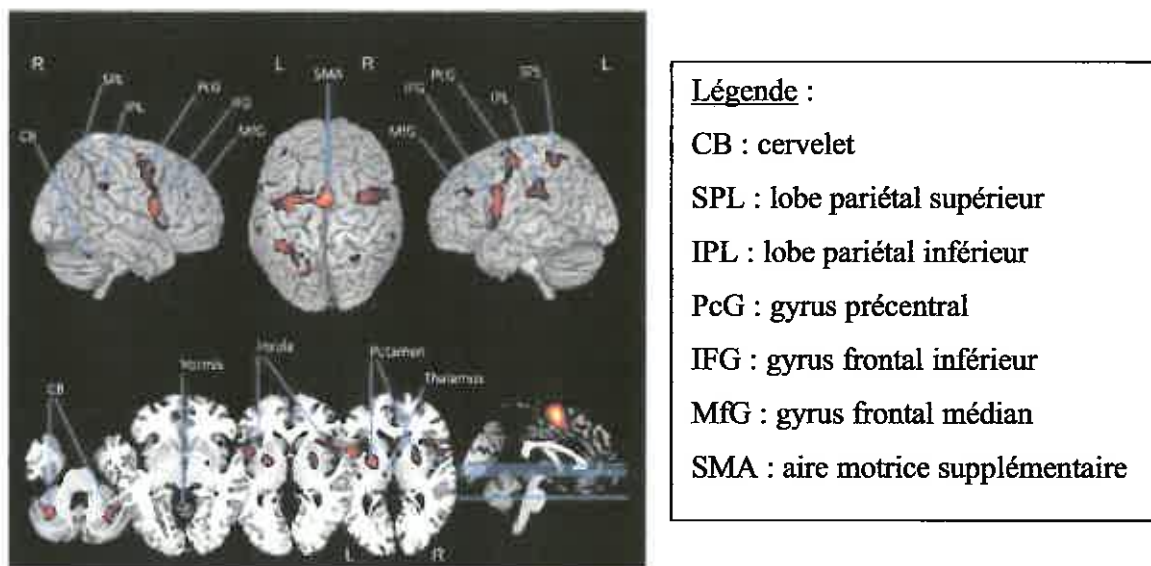


Figure 1 : activation des zones corticales et sous corticales lors de l'IM

Ces quatre zones spécifiques jouent un rôle dans la formation d'IM comme dans l'exécution réelle du mouvement. Toutefois, les limites de cette méta-analyse sont liées à l'hétérogénéité des études y prenant part. En effet, beaucoup de facteurs varient comme par exemple, l'examen d'investigation, les modalités d'IM, les instructions données au patient, ou encore la mesure des capacités d'IM des sujets au préalable.

### 3.3.2. Comparaison de l'activité cérébrale lors de l'IMV et lors de l'IMK

Les modalités d'imagerie étant différentes dans l'IMV et dans l'IMK, on peut s'attendre à ce que l'activité cérébrale ne soit pas la même non plus : c'est tout l'objet de l'étude de Guillot et Collet [11] qui fait partie de la méta-analyse précédente.

-Lors de l'IMV, l'activité se retrouve de manière prépondérante dans les régions occipitales, notamment l'aire visuelle primaire et le cortex visuel secondaire. Elle partage des mécanismes communs avec ceux de la perception visuelle.

-Lors de l'IMK, l'activation est préférentielle dans les régions des lobes pariétaux supérieurs et inférieurs, dans le cortex prémoteur, et dans le cortex préfrontal.

Les zones d'activité se chevauchant, on peut émettre l'hypothèse que des réseaux neuronaux différents sont mis en place.

### 3.3.3. Loi de Fitts's

On sait que le mouvement réel obéit à la loi de Fitts's, qui implique une relation inversement proportionnelle entre la difficulté du mouvement et la vitesse à laquelle il s'effectue : ainsi une augmentation de la difficulté du mouvement engendre une diminution de la vitesse à laquelle il est réalisé. [12]

La question est de savoir si cette loi peut également s'appliquer pour les mouvements imaginés : cela permettrait de confirmer que ceux-ci sont gouvernés par les mêmes relations d'amplitude, de vitesse et de précision que les mouvements réels.

Après analyse des résultats, les auteurs Decety et Jeannerod se sont rendus compte que le mouvement effectué mentalement avait une durée proportionnelle à l'augmentation de l'index de difficulté de la tâche demandée. La loi de Fitts's est donc applicable à l'IM. Les

mouvements simulés suivent les règles qui sont connues pour influencer le comportement moteur.

### 3.3.4. Effets sur le Système Nerveux Autonome (SNA)

Le SNA a pour rôle principal de réguler les fonctions vitales de l'organisme et de maintenir l'homéostasie en adaptant des réponses physiologiques, et on sait que l'IM est régie par des mécanismes centraux. Il n'y a, à priori, pas de facteur commun entre les deux, mais des auteurs ont cherché à établir une relation afin de prouver que l'activité du SNA peut être un témoin des processus mentaux [13]. En fait, la préparation et la programmation de l'action mises en jeu réellement ou lors de l'IM, impliquent également le SNA dans le but de fournir les ressources métaboliques nécessaires à l'exécution de l'action. Des adaptations cardio-vasculaires et respiratoires sont des processus physiologiques dépendants du SNA bien connus. Ils peuvent être sous contrôle sympathique ou parasympathique. L'activité électrodermale peut également être étudiée.

## 3.4. Méthodes d'évaluation des capacités d'IM

Les capacités d'IM peuvent varier d'un individu à l'autre : ainsi pour savoir si notre patient a de bonnes aptitudes à créer des images mentales, nous avons plusieurs méthodes décrites ci-dessous.

### 3.4.1. MIQ : Movement Imagery Questionnaire

Le Mouvement Imagery Questionnaire (MIQ) a été créé en 1983 par Hall et Pontrac, puis une version revisitée (MIQ-R) de Hall et Martin a vu le jour en 1997. Aujourd'hui, le test le plus mis au point est celui de Gregg et Hall : le MIQ-Revised Second (MIQ-RS). Il a été mis au point au départ pour les patients hémiplegiques après AVC. Une version française a été validée [14] nous allons en étudier les critères car nous allons l'adapter par la suite afin d'utiliser ce test dans le livret que nous allons mettre en place.

Le MIQ-RS est constitué de 14 items et de deux échelles, visuelle et kinesthésique. Ainsi 7 items sont dédiés à l'IMV et 7 à l'IMK. Le sujet doit d'abord exécuter une série d'action

réellement, induisant les membres supérieurs, inférieurs, le corps entier ou une action de la vie quotidienne. Puis il doit se représenter la même action mentalement de manière visuelle, et ensuite kinesthésique. Enfin le patient doit évaluer la facilité à imaginer sur une échelle soit kinesthésique soit visuelle, celles-ci allant de très facile à très difficile (ANNEXE 4).

### 3.4.2. Autres moyens d'évaluation

D'autres questionnaires peuvent être mis en place : le KVIQ : Kinesthetic and Visual Imagery Questionnaire [15], ou le VVIQ : Vividness of Visual Imagery Questionnaire [16].

De plus, on peut évaluer les capacités d'IM implicitement par des tests de rotation mentale, qui s'apparentent à des tests de reconnaissance de latéralité [2]. On prend en compte le temps que les patients mettent à répondre et le nombre d'erreurs [17].

On peut également prendre le parti d'un test de chronométrie mentale. Selon la loi de Fitts que nous avons évoqué précédemment, nous savons que les mouvements imaginés comme les mouvements réels obéissent à une relation inversement proportionnelle entre la difficulté et la vitesse de l'action, et donc que les caractéristiques temporelles des mouvements sont en théorie comparables dans les deux cas. Il s'agit alors de calculer l'écart entre la durée réelle du mouvement et la durée imaginée. En pratique, certaines études proposent de reprendre les mouvements cités dans le score MIQ [18].

Les effecteurs du SNA peuvent s'activer lors d'une séance d'IM. Cela peut donc être quantifié en mesurant différents paramètres comme la fréquence cardiaque (à l'aide d'un cardio-fréquence-mètre ou encore d'un électrocardiogramme) : celle-ci augmente en général, tout comme la fréquence respiratoire. On peut également étudier l'activité électrodermale qui constitue le témoin spécifique de l'activité du système sympathique, en mesurant la conductance de la peau ou sa résistance (ce sont deux paramètres inverses). La préparation de l'action et l'IM sont associées à une diminution de la résistance de la peau.

### 3.4.3. Evaluation des capacités en fonction de l'âge

Une étude a été réalisée pour comparer l'habileté à concevoir des IM selon trois critères chez des sujets jeunes et chez des sujets plus âgés [19]. Les trois critères étudiés étaient la vivacité de l'IM, sa maîtrise et son temps d'exécution. Les résultats montrent qu'il n'y a pas de différence significative entre les deux groupes, mais les auteurs ont pu constater une importante variabilité à l'intérieur des groupes eux-mêmes. C'est pourquoi il est primordial lorsqu'on veut proposer un protocole de rééducation par IM, d'évaluer les capacités d'IM par les tests que nous avons pu exposer antérieurement.

## 4. APPLICATIONS

### 4.1. Dans le domaine sportif

Selon un document écrit par le département sportif et scientifique de la Fédération Française de Ski en janvier 2011 [20], l'IM aurait un rôle dans le développement des habiletés mentales, dans l'amélioration du geste technique, de la concentration, de la gestion du stress et de l'anxiété, mais elle peut aussi être utilisée dans un but d'anticipation d'un grand événement sportif afin de mieux se préparer, et de se mettre en condition. Elle peut également jouer un rôle dans la prise en charge globale de la blessure, pour une remise à niveau optimale.

Il n'est pas rare de voir lors des compétitions de ski alpin, des skieurs en train de faire une visualisation de leur course en haut de la piste. Ils prennent alors en compte tous les facteurs environnementaux qui peuvent influencer leur descente comme bien évidemment le tracé, les zones d'ombres, le type de neige... Les images doivent être vivaces, exactes et répétées. "C'est la situation qui va permettre de déterminer ce qu'on doit voir et comment on doit le voir" selon Jean Fournier [20]. Ainsi, on peut utiliser l'imagerie interne en anticipation d'un mouvement précis, ou en rappel (c'est-à-dire juste après le mouvement réalisé dans un but de correction ou de confirmation du bon geste). Quant à l'imagerie externe, elle est pratiquée plutôt pour se mettre en condition avant une épreuve afin de se voir déjà dedans. La chronométrie mentale tient également une place importante pour juger de la capacité du sportif à visualiser les choses dans des proportions de temps réelles.

En 2015, une étude intéressante des jeunes joueurs de tennis a été réalisée [21] afin d'optimiser au mieux leur entraînement spécifique intermittent à haute intensité (en anglais : «high intensity interval training»). Ainsi ont été étudiées la vitesse de la balle et la précision d'une série de coups droit et de revers après plusieurs séances d'IM intercalées dans les temps de récupération. L'étude voulait comparer plus précisément l'effet de l'IM à celui provoqué par des encouragements verbaux motivant la poursuite de l'effort physique. Le but était de pouvoir stabiliser cette précision et cette vitesse au fur et à mesure des séries grâce à l'IM, ces paramètres devant normalement décroître.

Les consignes d'IM étaient d'essayer de ressentir des informations kinesthésiques soit de son propre point de vue soit d'un point de vue externe. De plus, il fallait que les joueurs de tennis se mettent dans une situation écologique, comme par exemple s'imaginer être sur un cours de tennis.

Les résultats mettent en évidence que l'IM peut pallier à la diminution de précision et de vitesse des balles jouées au cours de l'entraînement intensif et donc maintenir une bonne performance technique.

#### 4.2. En neurologie après un Accident Vasculaire Cérébral

Le point de départ de nos recherches concernant l'application de l'IM en neurologie est les recommandations de bonne pratique de la Haute Autorité de Santé (HAS) concernant l'Accident Vasculaire Cérébral (AVC) et les méthodes de rééducation de la fonction motrice chez l'adulte (datant de juin 2012) [3]. En effet, la pratique de l'IM associée à d'autres traitements durant la phase chronique détient un grade B : autrement dit le grade de présomption scientifique.

Selon la HAS, la technique s'applique pour des patients ayant une incapacité d'effectuer un entraînement moteur réel (du fait de la paralysie, de la fatigabilité,...) ou pour renforcer un entraînement existant. Elle implique le patient de manière active et peut accentuer son adhésion au traitement. Elle induit également une meilleure représentation du but et optimise la synchronisation du mouvement. Le facteur limitant dans ce domaine peut

être l'incapacité à comprendre la consigne : les troubles cognitifs et de la compréhension associés à un AVC n'étant pas rares.

De plus, en 2014, une méta-analyse traitant de l'effet de l'imagerie mentale sur la récupération motrice fonctionnelle d'un membre supérieur hémiparétique a été publiée [22]. Six études datées de 2001 à 2010 ont été incluses dans cette méta-analyse. Cinq essais cliniques randomisés (trois notés 8/10 et un 6/10 sur PEDro) et un essai clinique contrôlé (score de 4/10 sur PEDro) ont été analysés. Cinq des six études ont révélés des preuves d'un effet positif de l'IM sur la récupération de la fonction d'un membre supérieur hémiparétique, et la dernière un résultat négatif.

Les personnes regroupées dans toutes ces études avaient un âge compris entre 58 et 64 ans. La durée du protocole de traitement variait entre 3 et 12 semaines avec une fréquence de 2 à 7 fois par semaine. Une session pouvait durer entre 10 et 60 minutes. Ainsi le temps total d'IM total variait également de 180 à 1800 minutes.

Parmi les résultats, trois études ont eu un effet positif supérieur aux autres. La rééducation par imagerie motrice ajoutée à la rééducation classique neurologique a prouvé significativement son efficacité en mettant en évidence une réorganisation corticale possible post-AVC grâce au mécanisme de plasticité cérébrale. Il faut toutefois rester prudent car l'échantillon d'études est relativement petit et de nombreuses hétérogénéités sont présentes au sein de la méta-analyse.

## 5. APPLICATION SPECIFIQUE A UNE PERIODE D'IMMOBILISATION

### 5.1. Sélection des études

Suite à notre recherche documentaire, nous avons donc répertorié quinze études datées de 2006 à 2015 traitant de l'utilisation de l'IM lors d'une immobilisation. Le but est désormais de pouvoir les comparer pour extraire les informations qui nous sembleront les plus pertinentes et les plus scientifiques possibles quant aux effets de l'immobilisation et de l'IM. Pour agréments le tout, nous avons également analysé des études intégrant de l'IM à une rééducation classique : la recherche de ces articles s'est faite progressivement au fur et à mesure de nos lectures. Nous avons notamment retenus les articles les plus fréquemment cités dans la littérature : au total nous en avons analysés neuf. L'objectif final est de pouvoir

constituer un protocole d'IM et de l'inclure dans un livret que des patients pourraient utiliser en autonomie pour leur prise en charge rééducative.

## 5.2. Conséquences de l'immobilisation

### 5.2.1. Généralités

L'immobilisation est le moyen d'empêcher une personne de faire tout mouvement sur le segment restreint. Elle peut être pratiquée dans de nombreux domaines comme la traumatologie, l'orthopédie, la rhumatologie, la neurologie... Elle peut se faire au moyen de bandes de plâtre, de matériau thermo-formable, elle peut être aussi moulée pour être totalement adaptée au sujet ou de série. Son but principal en traumatologie est la consolidation et la cicatrisation. Les délais varient selon la partie du corps atteinte, le type de fracture, les éléments touchés (osseux, musculaires, vasculaires et nerveux), mais aussi l'individu lui même, son âge, ses facteurs de risques... Lors de cette période d'immobilisation, se mettent en place des mécanismes physiologiques sur lesquels nous pouvons jouer lors de la rééducation, notamment par l'intermédiaire de l'IM : nous allons les détailler ci-dessous.

### 5.2.2 Conséquences sur les représentations sensori-motrices corticales

Meugnot a établi de nombreux travaux à ce sujet [23–26]. Elle a notamment étudié les effets de l'immobilisation sur les processus cognitifs moteurs et les représentations sensori-motrices par le biais de l'IM implicite et plus précisément de la rotation mentale.

Dans son protocole, les sujets devaient avant et après l'immobilisation dire si la main affichée sur un écran devant eux était une main droite ou gauche, et si le chiffre "2" affiché devant eux était dans le bon sens ou s'il était dans le sens de son reflet dans un miroir. A noter que l'angle de vue de la main ou du chiffre affiché était également changeant (voir fig. 2).

Dans ses conclusions, Meugnot affirme que la répétition de la tâche n'augmente pas le niveau de performance des participants après l'immobilisation. La restriction sensori-motrice a donc dégradé la représentation interne corticale contralatérale au mouvement et la capacité à simuler un mouvement de la main. Cela peut également s'expliquer par une diminution de l'excitabilité corticale.



Toutefois, les études de Meugnot n'ayant pas toutes les mêmes durées d'immobilisation (24 ou 48 heures), ni les mêmes effets, celle-ci a proposé une hypothèse plus poussée : il pourrait exister tout d'abord une diminution de la représentation sensori-motrice corticale contralatérale au membre immobilisé lors des 24 premières heures (effet dépendant de l'effecteur) puis au bout de deux jours le phénomène pourrait s'étendre à l'hémisphère ipsilatéral (on parle alors d'un effet indépendant de l'effecteur).

Les afférences sensibles jouent donc un rôle majeur de feedback dans la précision du mouvement et dans le contrôle moteur.

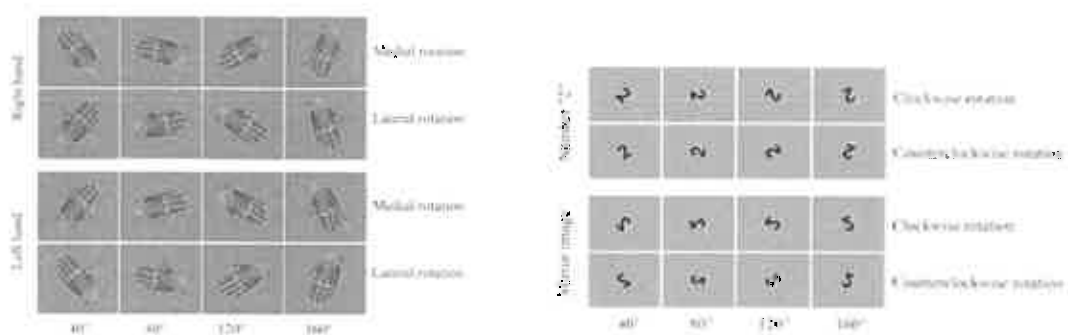


Figure 2 : Variations des tâches lors du protocole de rotation mentale selon Meugnot

Nous pouvons également le prouver par l'expérience de Bassolino en 2012 [27] : celui-ci voulait à la base étudier les aspects cinétiques d'un mouvement de préhension avant et après une période d'immobilisation de dix heures. Les résultats ont montré une augmentation significative du temps de transport lors du premier mouvement post-immobilisation mais après une quinzaine de répétitions, les sujets retombaient dans la norme de temps du groupe contrôle. Concernant les paramètres de précision de la pince pouce-index, ceux-ci n'ont pas subi d'altérations majeures. Ce phénomène a pu être expliqué par le fait que les pulpes du pouce et de l'index étaient en contact avant le début du mouvement, donc que des informations sensibles ont pu préserver la précision du geste.

### 5.2.3. Conséquences sur les représentations du membre dominant

Une autre étude de Meugnot avait pour but de comparer les effets d'une immobilisation sur la main dominante et sur la main non dominante [26]. Il a été admis au

préalable que la main dominante a un avantage fonctionnel plus conséquent que la main non dominante, elle a donc une représentation sensori-motrice plus fine. Après la période d'immobilisation de 48 heures, les effets induits par l'immobilisation tels que le temps de réponse et le nombre de réponses correctes sont effectivement plus délétères dans le groupe avec la main dominante immobilisée. Deux hypothèses peuvent expliquer ce changement : la différence de qualité du système sensori-moteur correspondante à chaque main et le fait qu'un plus faible niveau d'activité physique aurait plus d'impact sur le membre dominant que le non-dominant.

#### 5.2.4. Conséquences sur les zones corticales et les capacités d'IM

L'étude de Burianova de 2014 [28] s'est intéressée aux effets de l'immobilisation sur les capacités d'IM en plus de la performance motrice. Nous pouvons dire que ces travaux sont dans le prolongement de ceux de Meugnot. Ici, l'auteur examine les effets d'une immobilisation de 24 heures sur une tâche d'IM qui consiste à imaginer une séquence de succession de flexion ou extension de plusieurs doigts dictés verbalement en partant de la position de référence bras le long du corps, doigts étendus et relâchés (voir fig.3). Le sujet doit ensuite comparer l'image affichée devant lui correspondant à la séquence et celle qu'il s'est imaginée. De plus, pour évaluer la performance motrice après immobilisation, une tâche de frappe sur un clavier est mesurée.

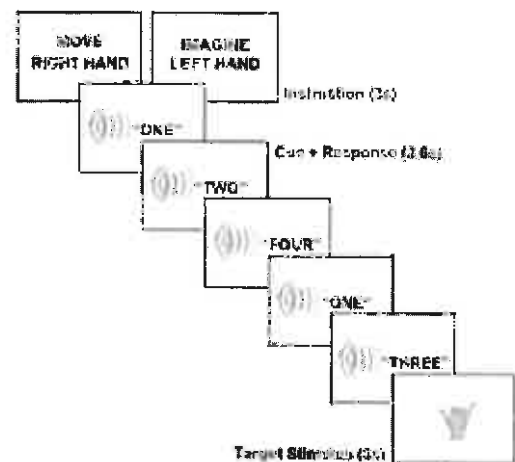


Figure 3 : Tâche d'IM selon Burianova

Les résultats amènent les conclusions suivantes : une journée d'immobilisation affecte les procédés moteurs efférents d'un membre notamment par une diminution de l'excitabilité dans la région sensori-motrice controlatérale et un manque d'activité du cortex moteur controlatéral. Concernant les capacités d'IM après l'immobilisation, l'examen par IRM fonctionnelle a révélé une diminution de l'activation nerveuse lors de l'IM du membre

contraint dans les territoire du cortex moteur primaire et du cortex prémoteur. L'immobilisation ne touche donc pas que l'exécution réelle, mais peut aussi affecter l'IM, si celle-ci n'est pas mise en jeu lors de l'immobilisation.

#### 5.2.5. Conséquences sur le plan musculaire

Le système musculaire a parmi ses nombreuses caractéristiques, une grande capacité d'adaptation selon l'activité physique qu'on lui demande de supporter. Ainsi des changements peuvent rapidement être mis en évidence dans des périodes d'inactivité prolongée telles qu'une immobilisation, une mise en décharge ou lors d'une suppression de la gravité (en apesanteur). Ces adaptations agissent sur deux systèmes, nerveux et musculaire, il convient donc de faire la part des choses entre les deux et d'identifier sur quelles structures, et comment elles peuvent influencer.

Deux mécanismes intriqués se mettent en place lors de l'immobilisation : la perte de force et l'atrophie musculaire. On peut suivre la perte de force par électromyogramme (EMG), ou dynamométrie et l'atrophie par observation de la surface de section du muscle (avec l'aide de l'IRM pour être précis).

La typologie musculaire est à prendre en compte : ainsi un muscle avec une majorité de fibre de type II dites rapides n'aura pas les mêmes pertes de volume qu'un muscle avec une majorité de fibres de type I dites lentes [29].

Clark et al. en 2006 ont étudié les effets de la décharge d'un membre inférieur durant 4 semaines [30,31]. Ainsi ils ont mis en évidence une perte de force de 14.2% des fléchisseurs plantaires et de 15.7% de diminution de leur surface de section. Pour connaître la part des facteurs nerveux et musculaires mis en jeu concernant la perte de force, il faut comparer la force maximale volontaire à celle électro-induite par neurostimulation percutanée : c'est la technique de la secousse surimposée. Par exemple une diminution plus importante de la force maximale produite durant une contraction volontaire par rapport à celle induite électriquement indique une activation nerveuse incomplète.

Selon les résultats de cette étude, les facteurs nerveux expliquent 48% de la perte de force alors que les facteurs musculaires en expliquent 39%. Par facteurs nerveux, les auteurs sous-entendent l'activation centrale : elle serait en majorité responsable de la perte de force même si elle n'est pas démontrée dans l'étude (les auteurs l'expliquent en affirmant que ce serait le cas dans le cas d'une immobilisation stricte et non une décharge partielle comme ici). De plus la durée du potentiel d'action et son amplitude sont également des facteurs nerveux à prendre en compte.

De même en 2014, Clark avait également testé 4 semaines d'immobilisation du poignet non dominant [32] : la diminution de force à l'arrivée était de 45% avec une diminution de la capacité d'activation centrale de 23%.

Ainsi, si les facteurs nerveux, notamment d'activation centrale sont responsables d'une si grande partie de la perte de force, alors l'IM comme traitement a tout son sens lors de l'immobilisation. Elle a un rôle d'activation des neurones supra-spinaux afin de maintenir une représentation corticale optimale, le tout ayant pour but de diminuer la perte de force.

#### 5.2.6. Conséquences sur les amplitudes articulaires

L'immobilisation induit une restriction d'amplitude articulaire sur les segments concernés par celle-ci. Les structures capsulo-ligamentaires aux alentours vont progressivement se rétracter car aucune mise en tension à visée d'entretien n'est possible. De même, pour les muscles : le manque de mouvement ne permet pas de solliciter les fibres musculaires, celles-ci vont donc progressivement s'atrophier, et le muscle va devenir hypoextensible.

### 5.3. Rôle de l'IM

#### 5.3.1. Maintien des amplitudes articulaires

En 2011 et 2014, Einsedel [33] et Frenkel [34] ont réalisé deux études visant à comparer l'effet d'une immobilisation et de l'IM sur les amplitudes articulaires. L'immobilisation était de 3 semaines et concernait le poignet, les auteurs voulant spécifiquement mimer une fracture distale du radius. Au bout des trois semaines dans le

groupe sans IM, une légère tendance à une diminution des amplitudes articulaires apparaît. Nous pouvons penser que si les études avaient été réalisées sur des sujets atteints d'une vraie fracture, la diminution aurait été accentuée. Les effets de l'IM sont significatifs dans les deux études sur les variables extension de poignet et inclinaison ulnaire par rapport au groupe contrôle. Pour les amplitudes de flexion palmaire et d'inclinaison radiale, il y a uniquement une légère tendance à l'amoindrissement de la perte d'amplitude. Nous pouvons remarquer que ces deux études se sont quasiment inspirées du même protocole, nous le détaillerons par la suite.

Toutefois cette atténuation de perte des amplitudes articulaires n'a pas été établie par tous. Dans l'étude de Lebon concernant la rééducation après reconstruction par Kenneth Jones du ligament croisé antérieur [35], l'ajout d'IM à la rééducation classique n'a rien changé sur le critère des amplitudes articulaires. De même pour Stenekes en 2009 [36]. Celui-ci s'était intéressé à l'IM après chirurgie réparatrice de ruptures de tendons fléchisseurs. Il n'a pas trouvé de différence significative entre le groupe contrôle et le groupe IM pour ce qui est des amplitudes articulaires.

### 5.3.2. Maintien de la force

Nous avons vu que l'immobilisation créait une perte de force considérable au niveau des muscles concernés non seulement par atteinte de la fibre musculaire mais également par la non mise en jeu des processus nerveux.

Ainsi beaucoup d'études sont parties de ce postulat pour affirmer que l'IM pouvait limiter cette perte de force, et pouvait même en faire gagner.

En 1992, Yue et Cole ont comparé un entraînement de 4 semaines par contractions maximales volontaires (CMV) de l'abducteur du cinquième doigt, exécutées physiquement et mentalement pour démontrer le potentiel des mécanismes nerveux dans le gain de force. Après les 4 semaines d'entraînement, l'augmentation de la force des CMV est de 22% pour le groupe IM et 33% pour le groupe exécution réelle et la force maximale induite par stimulation supramaximale du nerf ulnaire reste la même. De plus, le muscle ne s'est pas hypertrophié. La

conclusion de cette étude indique que le gain de force a bien une origine nerveuse, le muscle n'ayant pas connu d'hypertrophie : les effets peuvent être dus à une meilleure programmation motrice.

Ranganathan a ensuite voulu comparer en 2004 l'effet de l'IM sur deux groupes de muscles différents. Il a repris l'abducteur du cinquième doigt comme Yue et Cole précédemment et a ajouté les muscles fléchisseurs du coude. Il a alors observé un gain de force significatif après 12 semaines d'entraînement par IM de 35% comparativement au groupe contrôle pour l'abducteur et 13.5% pour les fléchisseurs. De plus, il a relevé une augmentation significative des potentiels corticaux mesurés. Nous pouvons donc une nouvelle fois conclure que l'IM améliore la commande centrale du muscle, celui-ci peut s'activer de manière maximale grâce au meilleur recrutement des unités motrices. Toutefois, le secteur précis où les adaptations neurales ont lieu n'est pas encore tout à fait clair. Ranganathan pense que les centres corticaux pourraient générer des signaux plus forts pour activer le muscle, ou que les neurones pourraient avoir une meilleure synchronisation corticale. Concernant la différence d'augmentation de force entre l'abducteur et les fléchisseurs, l'auteur explique que les représentations corticales de ces deux muscles sont différentes. De plus les fléchisseurs ont moins de capacité d'amélioration de leur force : en effet ils sont plus souvent sollicités que l'abducteur lors des activités de la vie quotidienne.

D'autres auteurs ont également révélé une augmentation de la force avec l'IM : Zijdwind sur les fléchisseurs plantaires [37], et Reiser en combinant l'IM avec 4 exercices de musculation [38]. Les études précédentes impliquent des sujets non immobilisés, nous allons maintenant voir quels sont les résultats de l'IM après immobilisation d'un membre.

Clark a mis en évidence une diminution de la perte de force après une immobilisation de 4 semaines du poignet, mais cette perte de force était 50% plus faible dans le groupe IM que dans le groupe contrôle [32]. Il propose ainsi l'hypothèse que les facteurs nerveux et musculaires sont responsables tous les deux de 50% de la perte de force. Il explique que l'activation centrale est le paramètre clé dans les facteurs nerveux... mais il ne fait aucune mesure pour contrôler d'éventuels changements au niveau du système nerveux périphérique (SNP).

Cet effet de l'IM sur le SNP peut être expliqué par la théorie psycho-musculaire. En effet, Lebon en 2008 [39] soutient l'hypothèse de la présence d'une activité EMG subliminale (c'est-à-dire inférieure à la valeur seuil de contraction phasique) lors de l'IM en plus d'une activation corticale. Cette hypothèse avait déjà été énoncée par Jeannerod, qui affirmait que lors de l'IM il y avait une inhibition incomplète de la commande motrice qui pouvait donc laisser passer des messages nerveux. Selon lui l'activité subliminale induirait des feedbacks sensoriels ou rétroactions proprioceptives utiles à la réalisation optimale du mouvement et favorisant ainsi le programme moteur préexistant. Il va même plus loin en conduisant une étude visant à montrer que cette activité subliminale peut être modulée selon l'effort fourni lors de l'IM. Puisque qu'il existe de nombreux parallélismes entre l'IM et l'exécution réelle, il postule le fait que selon le type de contraction imaginé, l'activité EMG du muscle concerné varie. Il s'appuie également sur le fait que les réactions neurovégétatives associées à l'IM s'intensifient au fur et à mesure que l'effort se durcit.

Le biais majeur dans la question de l'existence ou non d'une activité EMG subliminale lors de l'IM est que beaucoup d'études se servent de l'EMG pour vérifier que le muscle ne se contracte pas lors de l'IM. Ainsi elles se focalisent directement sur les effets touchant le système nerveux central (SNC) et plus particulièrement les aires corticales, et non sur le SNP.

De plus, l'autre biais est l'utilisation de l'EMG de surface : comme son nom l'indique, elle n'enregistre que l'activité électrique des muscles superficiels, ce qui peut shunter l'activité des muscles plus profonds. Ainsi les analyses ne sont pas forcément caractéristiques de ce qui se passe vraiment.

Des études japonaises se sont aussi directement intéressées à l'action associative de l'IM sur le SNC et le SNP.

Pour se faire ils ont comparé des mesures de Potentiels Evoqués Moteurs (PEM) à celles de F-waves recueillies par EMG.

-Pour Tanigushi [40], l'IM contre la suppression de l'excitabilité des cornes antérieures de la moelle épinière, donc des F waves, induite par le repos (plus précisément la relaxation dans son article). Il spécule que le motoneurone cortico-spinal (upper motor neuron en anglais) est donc impliqué dans l'immobilisation (car il y a une diminution de persistance et de l'amplitude

des F waves) et que l'IM peut aider à maintenir une activité subliminale de ce neurone pour maintenir l'excitabilité spinale.

-Quant à Fujisawa [41], il exprime le fait que la relaxation supprime des PEM et des F waves (ceux ci ont un lien de causalité, les changements dans les PEM altérant une bonne partie des F waves), alors que l'IM semble les conserver : en effet, l'IM recouvrerait 94% des F waves et 77% des PEM. Les PEM résultant de la modulation corticale, l'étude montre que l'IM supprimerait les effets induits par l'immobilisation en restaurant l'excitabilité spinale dans un premier temps.

Les résultats trouvés dans ces études indiquent donc que l'activité subliminale conduite par la simulation mentale aurait un effet plus facilitateur au niveau spinal où elle se projette qu'au niveau cortical où elle prend son origine. Ces actions seraient mises en jeu à partir du cortex moteur primaire.

### 5.3.3. Diminution des douleurs

Deux études utilisant l'IM ont mesuré l'évolution des douleurs avant et après protocole. Tout d'abord, l'étude de Lebon utilisant l'IM en complément d'une rééducation classique après reconstruction du ligament croisé antérieur [35] : après 12 séances, il y avait une diminution de la douleur dans le groupe IM comme dans le groupe contrôle sans différence significative entre les deux. Puis l'étude de Bernard concernant la rééducation après fracture du radius avec un protocole d'IM et de thérapie miroir a quant à elle réussi à diminuer les douleurs des patients [42]. Nous avons comparé ces résultats à une revue étudiant l'effet de l'IM sur les douleurs chroniques [5]. Même s'il ne s'agit pas des mêmes douleurs à proprement parlé, les conclusions amènent le fait intéressant que l'IM et la thérapie miroir combinées peuvent diminuer les douleurs du patient. La thérapie miroir semble d'ailleurs avoir plus d'efficacité que l'IM à ce sujet.

## 5.4. Conclusions des études :

### 5.4.1. Importance de l'IM kinesthésique

On a pu remarquer qu'une majorité des études [33–37,43] basées sur l'IM employait précisément l'IM kinesthésique (IMK). Y a-t-il une raison scientifique à cela ? C'est l'objet



d'une étude dirigée par Yao en 2013 [44]. Son but est de comparer les effets de l'imagerie motrice kinesthésique (IMK) et visuelle (IMV) sur la mesure de la force d'une contraction maximale volontaire (CMV) du biceps brachial lors de la flexion du coude, de l'activité électrique du muscle et des potentiels corticaux induits par les CMV. L'entraînement consiste à réaliser sur 6 semaines, environ 15 minutes d'IM par jour pendant 5 jours par semaine. Les participants doivent se représenter une série de 30 contractions maximales des muscles utilisés dans la flexion du coude avec alternance de 15 secondes d'imagination, et 15 secondes de repos. Les résultats affirment que dans le groupe s'étant entraîné par IMK, le gain de force est de 10.8%, alors qu'il n'est que de 4.8% pour le groupe IMV et il est négatif de 3.3% pour le groupe contrôle. De plus, il semble que grâce à l'IMK, le niveau d'activation du cerveau est meilleur (par analyse des potentiels corticaux), notamment au niveau des aires motrices primaire et supplémentaire. Ces centres corticaux sont probablement impliqués pour tenter de recréer des sensations kinesthésiques afin de générer une meilleure commande du faisceau cortico-spinal, ce qui améliore le recrutement et l'activation des unités motrices.

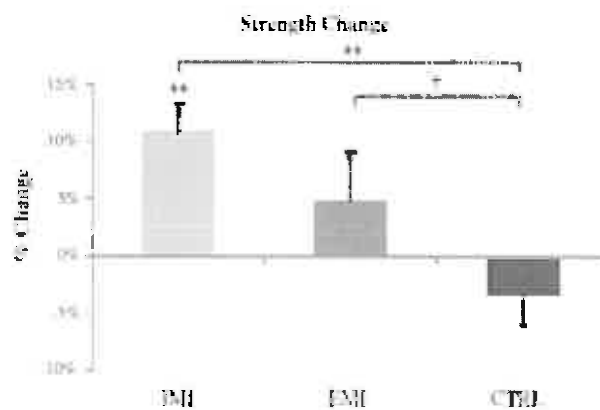


Figure 4 : IMI : internal motor imagery, EMI : external motor imagery, CTRL : contrôle  
 Pourcentage de changement dans les valeurs de force avant et après l'entraînement : l'IMI a un gain de force significatif par rapport au groupe contrôle

#### 5.4.2. Intérêt du Mental Gait Training

De bons résultats ont été observés dans les études des allemands Einsiedel et Frenkel [33,34] et ceux-ci avaient une base de protocole commune : il s'agit du «Mental Gait

Training» ou «Mentales Gehtraining» comme décrit à l'origine par Mayer dans son livre. Le cheminement de la séance est intéressant car il explique toutes les étapes progressivement au patient. Il débute par une présentation des mouvements de l'articulation. Puis il effectue et décrit les différents mouvements possibles selon les axes, les plans... Ensuite il combine les mouvements à une instruction particulière pour que le patient comprenne bien la future consigne que lui donnera le thérapeute. Enfin le patient effectue le mouvement du côté controlatéral à celui immobilisé pour qu'il ressente les sensations qu'il devra essayer de s'imaginer dans l'IM kinesthésique qui suit (ANNEXE 3). Le patient doit réaliser plusieurs séries et conclure par l'imagination d'un mouvement fonctionnel : par exemple pour la flexion de poignet, frapper à une porte.

#### 5.4.3. Pertinence d'une évaluation préalable des capacités d'IM

Il existe un gros biais dans de nombreuses études à savoir que les capacités d'IM ne sont pas testées à chaque fois sur les sujets avant de mettre en place un protocole. Pourtant de nombreux tests sont connus, et même s'ils ont à la base été décrits pour la rééducation neurologique, ceux-ci ont tout à fait leur place dans la rééducation orthopédique. Sur un total de 24 études sur lesquelles nous nous sommes appuyées, seulement 8 ont fait passer à leurs sujets un test. Reiser, après avoir évalué la capacité des sujets à former des images mentales avec le questionnaire MIQ, a prouvé que les excellents imageurs avaient de meilleurs résultats concernant le gain de force après rééducation par IM que les bons imageurs [38].

De plus, les études relatant des effets positifs de l'IM se révèlent souvent être faites chez des sujets sains... Or on a vu que les capacités d'IM peuvent être dégradées lors de l'immobilisation [28].

### 5.5. Elaboration d'un protocole

#### 5.5.1. Critères d'efficacité de l'IM

En complément de tout ce dont nous avons pu ressortir des études, il existe une revue de la littérature qui a essayé d'identifier les caractéristiques communes d'une bonne et efficace session d'entraînement en IM dans cinq différentes disciplines qui sont : l'éducation, la

médecine, la musique, la psychologie et le sport (en complément avec la pratique physique habituelle) [45].

Quelques critères d'efficacité ont été retenus :

- L'imagination de tâches motrices ou focalisées sur la force rend de meilleurs résultats.
- Les capacités d'IM sont les plus performantes entre 20 et 29 ans.
- Il n'y a pas d'influence du genre sur les capacités d'IM.
- Le nombre de séances par semaine doit suivre le modèle suivant : 3 x 17 minutes (34 mouvements imaginés par session, pas plus de 2 par minute).
- L'IM doit être pratiquée après la pratique physique (mais cela dépend surtout du but de l'IM : si celui-ci est l'apprentissage d'une tâche motrice, ou la préparation à la performance, il convient de faire la séance avant).
- Déroulement de la séance en groupe ou individuellement, selon le but recherché.
- Lorsque la capacité à créer des images mentales a été évaluée, les études montrent plus de résultats positifs. D'où la nécessité d'utiliser les outils nécessaires pour évaluer les capacités d'IM avant de commencer un entraînement.

### 5.5.2. Proposition d'un protocole

La première séance d'IM doit être guidée par le masseur kinésithérapeute. Il faut qu'il explique au patient le principe de la thérapie, pour que celui-ci comprenne ce qui va lui être demandé de faire en autonomie. De plus, cela pourra le rendre plus compliant dans son traitement. Il faut qu'on s'assure que le patient a de bonnes capacités d'IM. Pour cela, différents moyens sont mis à notre disposition, mais nous avons choisi de nous inspirer du questionnaire MIQ-RS qui a eu une validation française [14]. Nous apportons tout de même une petite modification : dans le test initial, le patient doit bouger un membre puis réaliser une IM de ce même membre. Dans la période d'immobilisation, tout mouvement étant contre indiqué, nous proposons que ce soit le membre controlatéral qui effectue le mouvement, suivi d'une IM du membre immobilisé.

Nous proposons ensuite que la séance se déroule quasiment de la même manière que celle utilisée dans les protocoles s'inspirant du «Mental Gait Training», à savoir ceux de Frenkel [34] et Einsiedel [33] :

- Premièrement, description des mouvements physiologiques réalisés en temps normal par l'articulation touchée par l'immobilisation : nous pouvons parler du débattement articulaire du mouvement, des muscles qui l'exécutent, donner des exemples concernant d'utilisation de ces mouvements durant les activités de la vie quotidienne...
- Puis il faut associer une consigne à un mouvement : par exemple si nous devons imaginer les mouvements d'un genou, "pliez" correspondra à la flexion, "tendez" à l'extension.
- Ensuite il faudra que le patient réalise les différents mouvements permis par la biomécanique de l'articulation avec le membre controlatéral pour qu'il puisse ressentir les informations kinesthésiques qu'il devra s'imaginer avec le membre immobilisé.
- L'IM doit se réaliser de manière kinesthésique, donc d'un point de vue interne, le patient s'imagine faire différents mouvements lui-même, et les yeux fermés pour se concentrer sur ses sensations.
- Nous proposons de réaliser le protocole au moins trois fois par semaine [45], voire tous les jours pour une meilleure efficacité.
- La durée d'une séance est d'environ 15 à 30 minutes.
- Le temps de travail doit être égal au temps de repos : nous proposons trois séries de 10 mouvements de 5 secondes.
- Nous pouvons demander au patient de s'imaginer des contractions maximales, ou contre une forte charge pour augmenter le travail [39].
- Puis il faut que le patient s'imagine faire des mouvements fonctionnels, réalisés dans les activités de la vie quotidienne, dans sa profession ou dans ses loisirs.

## 6. MISE EN PLACE DU LIVRET

### 6.1. Objectifs du livret

L'IM n'est pas une méthode de rééducation très répandue à l'heure actuelle dans le domaine de la traumatologie et de l'orthopédie. Pourtant de nombreuses études sont testées et publiées avec plus ou moins de succès lors de la période d'immobilisation selon la population, les critères mesurés, les muscles entrant en jeu... Toutefois il en ressort un fort et réel potentiel d'amélioration et d'accélération de la rééducation.

Ainsi pour faire connaître cette technique, nous proposons de réaliser un livret avec la mise en place d'un protocole d'IM.

Les objectifs sont de réduire le déficit de force et d'amplitude articulaire lié à l'immobilisation, et de réduire les douleurs, en s'appuyant sur le principe de réorganisation de l'espace cortical cérébral. De plus, le patient est directement impliqué dans sa rééducation, ce qui peut faciliter l'adhérence au traitement.

La poursuite de ce protocole d'IM pourra même être maintenue en complément des séances classiques de rééducation dans un but d'amélioration des performances motrices.

## 6.2. Méthodologie à propos de la conception

Pour concevoir le livret, nous nous sommes référés au guide méthodologique de la HAS "Elaboration d'un document écrit d'information à l'intention des patients et des usagers du système de santé" [46] et aux recommandations HAS "Elaborer une brochure d'information pour les patients ou les usagers". En complément nous avons également étudié l'article publié en 2012 dans Kiné La Revue intitulé "Comment élaborer un document écrit d'information du patient". [47]

Le livret est fondé sur l'analyse de la littérature existante sur l'IM et l'immobilisation, dont la stratégie documentaire a été décrite au préalable.

L'information délivrée doit répondre à plusieurs qualités : elle doit être "intelligible, compréhensible, lisible, accessible et documentée" [46]. Pour se faire, la construction du document doit respecter six points : privilégier la voie active et le style direct, faire des phrases courtes, simples et compréhensives, mettre en évidence le message essentiel, disposer le texte et les images afin de faciliter la bonne lisibilité, effectuer une mise en page claire et illustrer par des schémas simples.

## 6.3. Modalités d'utilisation, stratégies de diffusion

Le livret pourra être diffusé à l'hôpital, dans les centres de rééducation ou encore dans les cabinets libéraux.

Ce document écrit «ne se substitue en rien à l'information orale» [46], c'est pourquoi il convient d'expliquer au patient le principe de l'IM avant de lui donner le livret, en s'étant assuré au préalable de ses bonnes capacités à imaginer.

#### 6.4. Contenu

##### 6.4.1. Titre du livret (page 1)

Le livret débute par le titre «Utilisation de l'imagerie motrice pour pallier aux déficits liés à l'immobilisation». Les personnes n'ayant jamais entendu parler de l'IM peuvent ne pas comprendre ce terme avant d'avoir ouvert le livret, d'où l'utilité d'une phrase substitutive telle que «Vaincre les effets de l'immobilisation par la pensée». Cette phrase est à notre sens une bonne manière de suggérer au patient le type de traitement auquel il a affaire.

##### 6.4.2. Introduction (pages 3 à 5)

Il convient dans cette partie d'expliquer avec des mots simples la technique d'IM. Pour ce faire, nous avons repris la définition de Malouin [2] qui nous a semblé la plus simple. Nous avons également évoqué des personnalités qui ont étudié l'IM précocement, à savoir Jean Decety et Marc Jeannerod. Le lecteur du livret peut donc, s'il veut en savoir plus sur le sujet, lire des articles écrits par ces auteurs.

Nous faisons ensuite la différence entre les deux types d'IM possible, à savoir l'IM visuelle et kinesthésique, toujours en essayant d'utiliser les définitions les plus compréhensibles possibles. Des illustrations sont ajoutées afin de renforcer l'idée présentée dans les définitions.

Puis nous rappelons que le cerveau est le centre du système nerveux et que celui-ci est responsable de l'activation des mêmes zones spécifiques lors de l'exécution du mouvement et lors du mouvement imaginé.

##### 6.4.3. Déficiences liées à l'immobilisation (pages 5 et 6)

Dans cette partie, nous avons mis en évidence les déficits sous-jacents à l'immobilisation sur le plan musculaire et articulaire. Nous avons également rappelé les buts de l'immobilisation pour ne pas que cette phase soit prise à la légère : elle est nécessaire et indispensable à la bonne consolidation des structures lésées et c'est d'ailleurs celles-ci qui déterminent le délai d'immobilisation.

#### 6.4.4. Effets de l'imagerie motrice (page 6)

Nous avons simplifié au maximum les explications expliquant les effets de l'IM pour ne pas que le patient s'en désintéresse du fait de sa complexité. Nous expliquons que l'IM active les mêmes surfaces corticales que le mouvement réel et donc limite toute désynchronisation des neurones entre eux. On donne ainsi l'illusion du mouvement pour réduire surtout la perte de force mais aussi l'amplitude articulaire.

#### 6.4.5. Protocole (pages 7 à 12)

Avant d'établir le protocole proprement dit, et sachant que les capacités d'IM ne sont pas les mêmes selon les individus et que celles-ci peuvent influencer le traitement [48], nous avons choisi de faire remplir le Movement Imagery Questionnaire (MIQ-RS) [14] au patient pour évaluer ses capacités d'imagerie (ANNEXE 3). Nous avons choisi ce questionnaire car une version française a été validée. A noter que nous avons réalisé une petite adaptation : le mouvement réalisé avant l'IM se fait du côté controlatéral au membre immobilisé. Le questionnaire évalue les deux types d'IM, kinesthésique et visuelle dans 14 situations différentes. Cette évaluation a également l'avantage d'initier le patient à l'IM, et de le sensibiliser à la technique. Au bout de quelques séances, le kinésithérapeute peut lui demander de remplir un nouveau questionnaire afin de voir si le patient a progressé ou non dans sa manière de pratiquer l'IM. Si celui-ci a progressé, alors il sera facile de motiver le patient pour qu'il continue sur cette voie, et on l'encouragera davantage.

Puis nous avons proposé un protocole basé sur un recoupement d'articles scientifiques. Nous nous sommes premièrement inspirés du protocole décrit à la base par Mayer et repris dans les études de Frenkel et Einsiedel [33,34] : effectivement nous débutons

par enseigner au patient les mouvements permis par son articulation immobilisée en règle générale. Puis nous lui faisons exécuter les mouvements par son membre controlatéral sain afin qu'il perçoive les sensations qu'il devra essayer de reproduire dans son IM, car c'est bien l'IM kinesthésique que nous allons employer par la suite. En effet son efficacité par rapport à l'IM visuelle a été prouvée dans l'étude de Yao [44], mais c'est également celle qui est la plus répandue dans les études scientifiques. Enfin nous avons choisi d'entreprendre 3 séries de 10 IM pour chaque mouvement permis par l'articulation, plus des mouvements fonctionnels, que les patients font dans leur vie quotidienne, ou au travail pour essayer d'individualiser leur prise en charge. La première séance d'IM doit se faire en présence du kinésithérapeute, celui-ci pouvant donner des explications complémentaires à celles du livret sur les bases ou la réalisation de la technique. Le but du livret est que le patient puisse se prendre en charge en dehors des séances de rééducation afin de limiter les déficiences liées à l'immobilisation.

#### 6.4.6. Suivi des séances (pages 12 et 13)

Nous demandons au patient de tenir à jour le tableau dans lequel il doit rapporter toutes les séances qu'il a effectué. Selon Frenkel [34], cela augmenterait la compliance du patient et cet outil permettrait au kinésithérapeute d'avoir un retour sur ce que le patient a effectué ou non.

#### 6.4.7. Poursuite de la rééducation après immobilisation (page 14)

Nous laissons la possibilité au patient de poursuivre sa rééducation par IM après la période d'immobilisation. La rééducation sera la plus optimale possible et sera accélérée par rapport à une rééducation classique.

## 7.DISCUSSION

Nous avons construit un travail en nous appuyant sur une base d'études scientifiques. Malgré l'apport majeur de connaissances que celles-ci ont pu nous apporter, les comparer n'a pas été une mince affaire, du fait de leur hétérogénéité. Tout d'abord, la variabilité des



examens (IRMf, TEP, SMT) passés par les patients pour les besoins des études ont pu fausser les résultats : en effet il n'ont pas la même sensibilité et spécificité [10]. De plus, les durées d'immobilisation changeaient énormément (de 24 heures à 6 semaines), les capacités d'imagerie des patients n'étaient pas forcément objectivées à chaque étude et les protocoles d'IM mis en place et leurs modalités étaient également très disparates. Nous avons pu toutefois mettre en évidence que les études allemandes [33,34] avaient une préférence pour le protocole établi par Mayer, très ciblé sur l'information donnée au patient au départ, l'exécution par le coté controlatéral à l'immobilisation, puis l'IM kinesthésique. D'autres auteurs comme Meugnot ou Bassolino [25–27] ont pris le parti de tester les représentations motrices après une période de courte immobilisation par l'IM implicite pour l'un (autrement dit la rotation mentale), et par mesure de paramètres cinétiques et de précision d'une action de préhension après IM pour l'autre.

Une autre différence majeure a été mise en évidence concernant les structures impliquées dans l'IM. Certains auteurs ont étudié l'activité corticale détectée lors de l'IM et ont vérifié en parallèle qu'aucune activité EMG ne devait être transmise au muscle concerné [31,32]. A l'inverse, d'autres auteurs reprenant l'idée de Jeannerod sur l'inhibition incomplète de la commande motrice, tentent d'associer l'IM à une activité EMG subliminale, mettant donc en évidence une action sur le système nerveux périphérique [35,40,41]. A ces observations se pose la question ou non de l'activité du cortex moteur primaire lors de l'IM : celle-ci est en effet très controversée [10]. Nous pouvons nous poser la question : est-il vraiment impliqué ou est-il le témoin qui montre que le patient triche en contractant très légèrement ses muscles ? Aucune conclusion n'a, à ce jour, pu être établie : d'autres études encore plus abouties devront être publiées pour essayer de mieux comprendre les mécanismes de l'IM.

Autre fait important, toutes les études que nous avons répertoriées sont effectuées sur sujets sains. L'immobilisation avait donc pour rôle de mimer celle qui est réellement engagée à la suite d'une fracture. Une seule étude, dont nous attendons encore les résultats, a été effectuée sur des femmes ostéoporotiques de plus de 60 ans après fracture de l'extrémité distale du radius [49]. Son but est de comparer les effets de l'IM à ceux de la thérapie miroir et de la relaxation. Le protocole d'IM proposé suit une nouvelle fois celui du «Mental Gait

Training», il est établi sur 6 semaines, avec la moitié des séances faites en autonomie. Les mesures sont portées sur des échelles fonctionnelles du membre supérieur, sur les amplitudes articulaires du poignet, la force de préhension et la qualité de vie ressentie par les patientes. Ces résultats compléteront nos recherches et nous donneront une idée de l'adhérence ou non des patientes au traitement puisque celui-ci est réalisé en autonomie à 50%.

A l'inverse de toutes les études qui ont recueilli un effet positif de l'IM, certaines n'ont rien démontré en matière d'amélioration des déficits liés à l'immobilisation. C'est le cas de celle de Crews et Kamen [50] : aucune de leurs hypothèses de départ n'a pu être démontrée concernant l'abduction du cinquième doigt de la main : en effet la précision de la tâche motrice n'était pas moins altérée dans le groupe IM que dans le groupe contrôle après 7 jours d'immobilisation. Quant aux amplitudes des PEM enregistrées par SMT à partir des aires corticales correspondantes à l'abducteur du cinquième doigt, celles-ci diminuent par l'effet de l'immobilisation et ce même avec l'utilisation de l'IM.

Après avoir comparé et extrait les points essentiels que toutes les études sélectionnées nous ont apporté, nous avons essayé de concevoir un protocole. Ainsi nous avons bien mis en évidence le fait que l'évaluation des capacités d'IM du patient garantit l'efficacité du traitement. En effet, il nous semble inutile de proposer un protocole de ce type à une personne n'ayant pas une bonne capacité à s'imaginer des mouvements ou même des sensations. Imaginer la sensation associée à l'effort de contraction est d'ailleurs un critère de bonne efficacité de l'IM. A l'inverse de ces deux critères importants, d'autres étaient tellement variables entre les études que trouver une «norme» a été difficile : c'était notamment le cas pour la durée de la séance, le nombre de répétitions à effectuer dans une séance, le temps de repos et la fréquence des séances. Ainsi nous nous sommes référés à la revue de la littérature [45] qui a mis en évidence des critères d'efficacité d'IM communs entre 5 domaines différents : l'éducation, la médecine, la musique, la psychologie et le sport.

Le livret initialement conçu devra être évalué afin de déterminer s'il est bien compris par le patient ou s'il faut le retravailler afin d'y apporter des adaptations ou des changements nécessaires. Les mécanismes de l'IM peuvent sembler complexes, et s'ils ne sont pas bien compris, alors la compliance du patient au protocole ne sera pas garantie et donc les résultats

ne pourront s'avérer bons. Il faudra tout d'abord tester le livret sur un petit groupe de personnes immobilisées afin d'avoir une première approche de l'évaluation au niveau de la compréhension, puis par la diffusion à un bon nombre de personnes, nous pourrons ensuite analyser son efficacité.

## 8. CONCLUSION

L'IM bien conduite lors d'une période d'immobilisation peut réduire les déficiences qui en découlent. De façon à ce que le patient poursuive le protocole en dehors des séances de kinésithérapie, un livret a été créé en s'appuyant sur les études scientifiques préexistantes à ce sujet. Pour qu'une bonne conduite du protocole soit mise en place, il est nécessaire que le patient connaisse les mécanismes de l'IM, et ses effets afin que celui-ci comprenne et respecte les consignes : il faut qu'il en fasse bon usage pour aboutir à un effet positif. De plus, pour faciliter son adhésion au traitement, il faut qu'il y trouve de l'intérêt. Dans ce contexte, le masseur kinésithérapeute joue un rôle déterminant : il doit faire preuve de connaissances, et de pédagogie pour que ses explications données au patient soient simples, compréhensives et justifiées. Le livret mis en place doit à présent être proposé à des patients immobilisés pour pouvoir recueillir des critiques, mais également pour tester son efficacité.

Même si à l'heure actuelle, rien n'est significativement prouvé concernant l'utilisation de l'IM dans le domaine de la traumatologie-orthopédie lors de l'immobilisation, celle-ci a un réel potentiel d'accélération et d'amélioration de la rééducation fonctionnelle. De plus, à l'image de ce qui se fait dans le monde du sport, une poursuite de la pratique mentale en plus de la pratique physique peut faire bénéficier au patient d'un avantage non négligeable en matière de récupération, et d'amélioration du geste fonctionnel. A l'avenir, il serait intéressant de faire une synthèse des études associant l'IM à la pratique physique dans le cadre de la rééducation lorsqu'il n'y a pas de contre-indication au mouvement.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] Decety J. The neurophysiological basis of motor imagery. *Behav Brain Res* 1996;77:45–52.
- [2] Malouin F, Richards CL. Mental Practice for Relearning Locomotor Skills. *Phys Ther* 2010;90:240–51. doi:10.2522/ptj.20090029.
- [3] Haute Autorité de Santé - Accident vasculaire cérébral : méthodes de rééducation de la fonction motrice chez l'adulte n.d. [http://www.has-sante.fr/portail/jcms/c\\_1334330/fr/accident-vasculaire-cerebral-methodes-de-reeducation-de-la-fonction-motrice-chez-l-adulte](http://www.has-sante.fr/portail/jcms/c_1334330/fr/accident-vasculaire-cerebral-methodes-de-reeducation-de-la-fonction-motrice-chez-l-adulte) (accessed November 27, 2015).
- [4] Braun S, Beurskens A, Kleynen M, Schols J, Wade D. Rehabilitation with mental practice has similar effects on mobility as rehabilitation with relaxation in people with Parkinson's disease: a multicentre randomised trial. *J Physiother* 2011;57:27–34. doi:10.1016/S1836-9553(11)70004-2.
- [5] Bowering KJ, O'Connell NE, Tabor A, Catley MJ, Leake HB, Moseley GL, et al. The effects of graded motor imagery and its components on chronic pain: a systematic review and meta-analysis. *J Pain Off J Am Pain Soc* 2013;14:3–13. doi:10.1016/j.jpain.2012.09.007.
- [6] Lyu Y, Guo X, Bekrater-Bodmann R, Flor H, Tong S. Phantom limb perception interferes with motor imagery after unilateral upper-limb amputation. *Sci Rep* 2016;6:21100. doi:10.1038/srep21100.
- [7] Massarelli R, Rupied B, Rabahi T, Sarraj AR, Fargier P. L'unité du corps et du mental. *Kinésithérapie Rev* 2012;12:36–41. doi:10.1016/j.kine.2012.04.001.
- [8] Decety J, Perani D, Jeannerod M, Bettinardi V, Tadary B, Woods R, et al. Mapping motor representations with positron emission tomography. *Nature* 1994;371:600–2. doi:10.1038/371600a0.
- [9] Jeannerod M, Frak V. Mental imaging of motor activity in humans. *Curr Opin Neurobiol* 1999;9:735–9.
- [10] Héту S, Grégoire M, Saimpont A, Coll M-P, Eugène F, Michon P-E, et al. The neural network of motor imagery: an ALE meta-analysis. *Neurosci Biobehav Rev* 2013;37:930–49. doi:10.1016/j.neubiorev.2013.03.017.

- [11] Guillot A, Collet C, Nguyen VA, Malouin F, Richards C, Doyon J. Brain activity during visual versus kinesthetic imagery: an fMRI study. *Hum Brain Mapp* 2009;30:2157–72. doi:10.1002/hbm.20658.
- [12] Decety J, Jeannerod M. Mentally simulated movements in virtual reality: does Fitts's law hold in motor imagery? *Behav Brain Res* 1995;72:127–34.
- [13] Collet C, Di Rienzo F, El Hoyek N, Guillot A. Autonomic nervous system correlates in movement observation and motor imagery. *Front Hum Neurosci* 2013;7:415. doi:10.3389/fnhum.2013.00415.
- [14] Loison B, Moussaddaq A-S, Cormier J, Richard I, Ferrapie A-L, Ramond A, et al. Translation and validation of the French Movement Imagery Questionnaire - Revised Second Version (MIQ-RS). *Ann Phys Rehabil Med* 2013;56:157–73. doi:10.1016/j.rehab.2013.01.001.
- [15] Malouin F, Richards CL, Jackson PL, Lafleur MF, Durand A, Doyon J. The Kinesthetic and Visual Imagery Questionnaire (KVIQ) for assessing motor imagery in persons with physical disabilities: a reliability and construct validity study. *J Neurol Phys Ther JNPT* 2007;31:20–9.
- [16] Santarpia A, Blanchet A, Poinso R, Lambert J-F, Mininni G, Thizon-Vidal S. Évaluer la vivacité des images mentales dans différentes populations françaises. *Prat Psychol* 2008;14:421–41. doi:10.1016/j.prps.2007.11.001.
- [17] Rulleau T, Toussaint L. L'imagerie motrice en rééducation. *Kinésithérapie Rev* 2014;14:51–4. doi:10.1016/j.kine.2013.12.015.
- [18] Williams SE, Guillot A, Di Rienzo F, Cumming J. Comparing self-report and mental chronometry measures of motor imagery ability. *Eur J Sport Sci* 2015;15:703–11. doi:10.1080/17461391.2015.1051133.
- [19] Saimpont A, Malouin F, Tousignant B, Jackson PL. Assessing motor imagery ability in younger and older adults by combining measures of vividness, controllability and timing of motor imagery. *Brain Res* 2015;1597:196–209. doi:10.1016/j.brainres.2014.11.050.
- [20] Département Sportif et Scientifique de la FFS. FFS : Les habiletés d'imagerie : fondements théoriques et aspects pratiques. FFS 2011. <http://www.ffs.fr/pdf/dss/FFSdtninfo-dhm-habiletésimagerie.pdf> (accessed January 5, 2016).

- [21] Guillot A, Di Rienzo F, Pialoux V, Simon G, Skinner S, Rogowski I. Implementation of Motor Imagery during Specific Aerobic Training Session in Young Tennis Players. *PLoS One* 2015;10:e0143331. doi:10.1371/journal.pone.0143331.
- [22] Kho AY, Liu KPY, Chung RCK. Meta-analysis on the effect of mental imagery on motor recovery of the hemiplegic upper extremity function. *Aust Occup Ther J* 2014;61:38–48. doi:10.1111/1440-1630.12084.
- [23] Toussaint L, Meugnot A. Short-term limb immobilization affects cognitive motor processes. *J Exp Psychol Learn Mem Cogn* 2013;39:623–32. doi:10.1037/a0028942.
- [24] Meugnot A, Almecija Y, Toussaint L. The Embodied Nature of Motor Imagery Processes Highlighted by Short-Term Limb Immobilization. *Exp Psychol* 2014;61:180–6. doi:10.1027/1618-3169/a000237.
- [25] Meugnot A, Agbangla NF, Almecija Y, Toussaint L. Motor imagery practice may compensate for the slowdown of sensorimotor processes induced by short-term upper-limb immobilization. *Psychol Res* 2014;79:489–99. doi:10.1007/s00426-014-0577-1.
- [26] Meugnot A, Toussaint L. Functional plasticity of sensorimotor representations following short-term immobilization of the dominant versus non-dominant hands. *Acta Psychol (Amst)* 2015;155:51–6. doi:10.1016/j.actpsy.2014.11.013.
- [27] Bassolino M, Bove M, Jacono M, Fadiga L, Pozzo T. Functional effect of short-term immobilization: Kinematic changes and recovery on reaching-to-grasp. *Neuroscience* 2012;215:127–34. doi:10.1016/j.neuroscience.2012.04.019.
- [28] Burianová H, Sowman PF, Marstaller L, Rich AN, Williams MA, Savage G, et al. Adaptive Motor Imagery: A Multimodal Study of Immobilization-Induced Brain Plasticity. *Cereb Cortex N Y N* 1991 2014. doi:10.1093/cercor/bhu287.
- [29] Didier J-P. *La plasticité de la fonction motrice*. vol. 1. Springer; 2010.
- [30] Clark BC, Fernhall B, Ploutz-Snyder LL. Adaptations in human neuromuscular function following prolonged unweighting: I. Skeletal muscle contractile properties and applied ischemia efficacy. *J Appl Physiol Bethesda Md* 1985 2006;101:256–63. doi:10.1152/jappphysiol.01402.2005.
- [31] Clark BC, Manini TM, Bolanowski SJ, Ploutz-Snyder LL. Adaptations in human neuromuscular function following prolonged unweighting: II. Neurological properties and motor imagery efficacy. *J Appl Physiol Bethesda Md* 1985 2006;101:264–72. doi:10.1152/jappphysiol.01404.2005.

- [32] Clark BC, Mahato NK, Nakazawa M, Law TD, Thomas JS. The power of the mind: the cortex as a critical determinant of muscle strength/weakness. *J Neurophysiol* 2014;112:3219–26. doi:10.1152/jn.00386.2014.
- [33] Einsiedel T, Herzig D, Grön G, Mayer J, Becker C, Gebhard F. [Mental practice has influence on limitation of motion and muscle atrophy following immobilisation of the radiocarpal joint - a prospective randomised experimental study]. *Z Für Orthop Unfallchirurgie* 2011;149:288–95. doi:10.1055/s-0030-1270918.
- [34] Frenkel MO, Herzig DS, Gebhard F, Mayer J, Becker C, Einsiedel T. Mental practice maintains range of motion despite forearm immobilization: a pilot study in healthy persons. *J Rehabil Med* 2014;46:225–32. doi:10.2340/16501977-1263.
- [35] Lebon F, Guillot A, Collet C. Increased muscle activation following motor imagery during the rehabilitation of the anterior cruciate ligament. *Appl Psychophysiol Biofeedback* 2012;37:45–51. doi:10.1007/s10484-011-9175-9.
- [36] Stenekes MW, Geertzen JH, Nicolai J-PA, De Jong BM, Mulder T. Effects of Motor Imagery on Hand Function During Immobilization After Flexor Tendon Repair. *Arch Phys Med Rehabil* 2009;90:553–9. doi:10.1016/j.apmr.2008.10.029.
- [37] Zijdwind I, Toering ST, Bessem B, van der Laan O, Diercks RL. Effects of imagery motor training on torque production of ankle plantar flexor muscles. *Muscle Nerve* 2003;28:168–73. doi:10.1002/mus.10406.
- [38] Reiser M, Büsch D, Munzert J. Strength Gains by Motor Imagery with Different Ratios of Physical to Mental Practice. *Front Psychol* 2011;2. doi:10.3389/fpsyg.2011.00194.
- [39] Lebon F, Rouffet D, Guillot A, Collet C. Imagerie motrice et activité électromyographique. *Sci Mot* 2008;64:11–34.
- [40] Taniguchi S, Kimura J, Yamada T, Ichikawa H, Hara M, Fujisawa R, et al. Effect of motion imagery to counter rest-induced suppression of F-wave as a measure of anterior horn cell excitability. *Clin Neurophysiol* 2008;119:1346–52. doi:10.1016/j.clinph.2007.11.179.
- [41] Fujisawa R, Kimura J, Taniguchi S, Ichikawa H, Hara M, Shimizu H, et al. Effect of volitional relaxation and motor imagery on F wave and MEP: Do these tasks affect excitability of the spinal or cortical motor neurons? *Clin Neurophysiol* 2011;122:1405–10. doi:10.1016/j.clinph.2010.12.041.

- [42] Bernard B, Lhoest C, Foidart-Dessalle M, Grosdent S, Forthomme B, Crieelard J-M. Imagerie motrice après fracture de l'extrémité distale du radius. *Chir Main* 2011;30:477. doi:10.1016/j.main.2011.10.159.
- [43] Ranganathan VK, Siemionow V, Liu JZ, Sahgal V, Yue GH. From mental power to muscle power--gaining strength by using the mind. *Neuropsychologia* 2004;42:944–56. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2003.11.018.
- [44] Yao WX, Ranganathan VK, Allexandre D, Siemionow V, Yue GH. Kinesthetic imagery training of forceful muscle contractions increases brain signal and muscle strength. *Front Hum Neurosci* 2013;7. doi:10.3389/fnhum.2013.00561.
- [45] Schuster C, Hilfiker R, Amft O, Scheidhauer A, Andrews B, Butler J, et al. Best practice for motor imagery: a systematic literature review on motor imagery training elements in five different disciplines. *BMC Med* 2011;9:75. doi:10.1186/1741-7015-9-75.
- [46] Haute Autorité de Santé - Élaboration d'un document écrit d'information à l'intention des patients et des usagers du système de santé n.d. [http://www.has-sante.fr/portail/jcms/c\\_430286/fr/elaboration-d-un-document-ecrit-d-information-a-l-intention-des-patients-et-des-usagers-du-systeme-de-sante](http://www.has-sante.fr/portail/jcms/c_430286/fr/elaboration-d-un-document-ecrit-d-information-a-l-intention-des-patients-et-des-usagers-du-systeme-de-sante) (accessed October 8, 2015).
- [47] Calais B, Gouilly P, Petitdant B. Comment élaborer un document écrit d'information du patient. *Kinésithérapie Rev* 2012;12:31–2. doi:10.1016/j.kine.2012.05.007.
- [48] Lebon F, Byblow WD, Collet C, Guillot A, Stinear CM. The modulation of motor cortex excitability during motor imagery depends on imagery quality. *Eur J Neurosci* 2012;35:323–31. doi:10.1111/j.1460-9568.2011.07938.x.
- [49] Schott N, Korbus H. Preventing functional loss during immobilization after osteoporotic wrist fractures in elderly patients: a randomized clinical trial. *BMC Musculoskelet Disord* 2014;15:287. doi:10.1186/1471-2474-15-287.
- [50] CREWS RT, KAMEN G. Motor-Evoked Potentials Following Imagery and Limb Disuse. *Int J Neurosci* 2006;116:639–51. doi:10.1080/00207450600592198.



# ANNEXES

ANNEXE 1 : Diagramme de flux

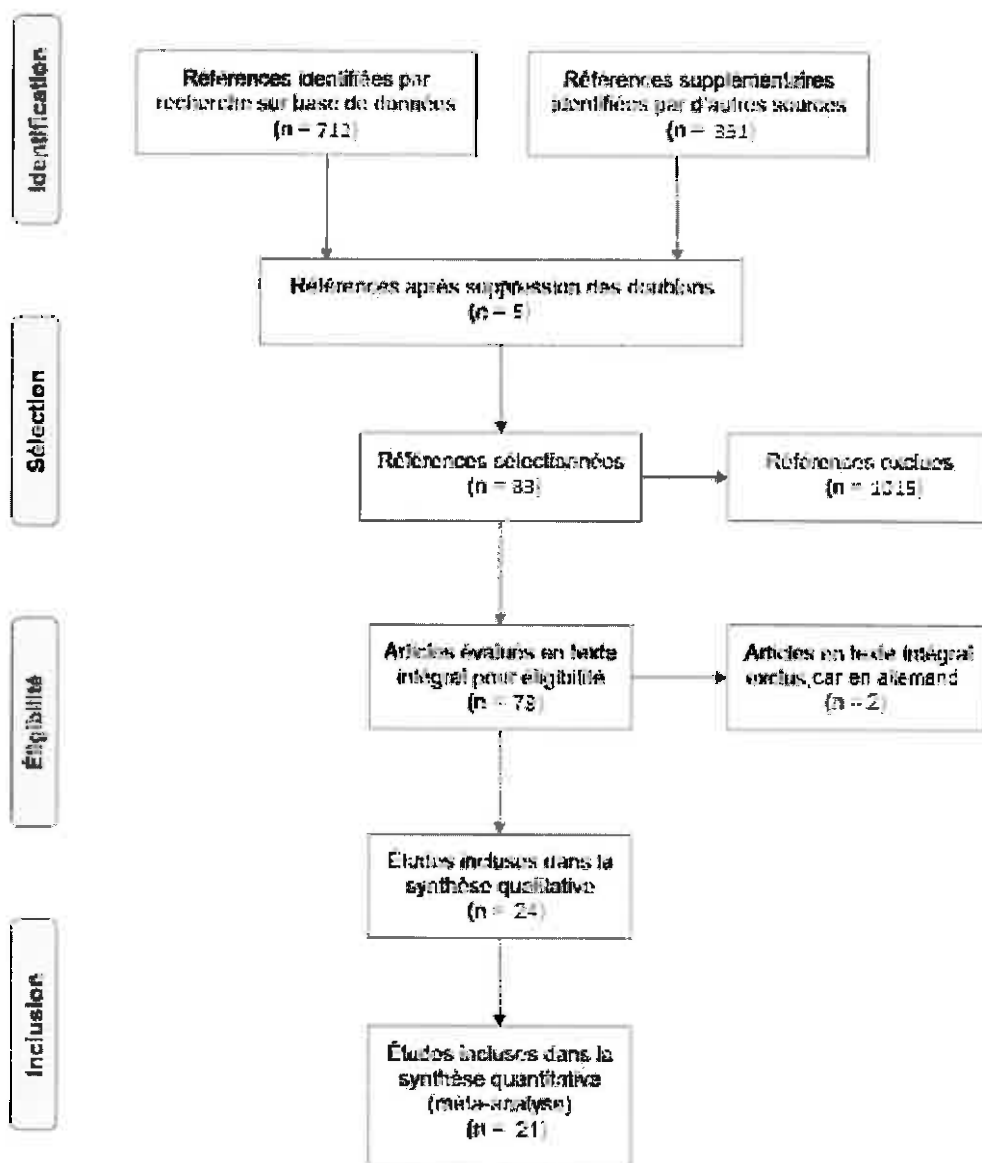
ANNEXE 2 : Tableau des articles sélectionnés

ANNEXE 3 : Schéma du protocole selon le «Mental Gait Training»

ANNEXE 4 : Questionnaire MIQ-RS évaluant les capacités d'IM

ANNEXE 5 : Livret

## ANNEXE 1 : Diagramme de flux



## ANNEXE 2 : Tableau des articles sélectionnés

Les cases en vert sont les études impliquant l'imagerie motrice lors de périodes d'immobilisation, et les cases en jaune sont les études associant l'imagerie motrice et la rééducation fonctionnelle. Quant aux cases en violet, elles concernent les articles que nous avons exclus.

MOTEUR DE RECHERCHE	MOTS CLEFS	ARTICLES OBTENUS	RETIENUS
pubmed	motor Imagery AND immobilization	19	<p><b>Adaptive Motor Imagery: A Multi-modal Study of Immobilization-Induced Brain Plasticity</b> Brain activity during observation and motor imagery of different balance tasks: an fMRI study. The power of the mind: the cortex as a critical determinant of muscle strength/weakness</p> <p><b>Motor Imagery practice may compensate for the slowdown of sensorimotor processes induced by short-term upper-limb immobilization.</b> The Embodied Nature of Motor Imagery Processes Highlighted by Short-Term Limb Immobilization</p> <p><b>Training the Motor Cortex by Observing the Actions of Others During Immobilization.</b> Short-term limb immobilization affects cognitive motor processes</p> <p><b>Mental Practice for Relearning Locomotor Skills</b> Effects of Motor Imagery on Hand Function During Immobilization After Flexor Tendon Repair</p> <p><b>Effect of motor imagery to counter rest-induced suppression of F-wave as a measure of anterior horn cell excitability</b> Motor-Evoked Potentials Following Imagery and Limb Disuse</p> <p><b>Effects of imagery motor training on torque production of ankle plantar flexor muscles</b> Functional plasticity of sensorimotor representations following short-term immobilization of the dominant versus non-dominant hands</p> <p><b>Effect of volitional relaxation and motor imagery on F-wave and MEP: Do these tasks affect excitability of the spinal or cortical motor neurons?</b> TOTAL : 14</p>
	Motor Imagery (filtre méta analyse	7	<p><b>Meta-analysis on the effect of mental imagery on motor recovery of the hemiplegic upper extremity function.</b> The neural network of motor imagery: an ALE meta-analysis</p> <p>The effects of graded motor imagery and its components on chronic pain: a systematic review and meta-analysis. TOTAL : 3</p>
	motor Imagery AND chronometric measures	5	<p><b>Comparing self-report and mental chronometry measures of motor imagery ability</b> Assessing motor imagery ability in younger and older adults by combining measures of vividness, controllability and timing of motor imagery</p> <p><b>Brain activity during visual versus kinesthetic imagery: an fMRI study</b> Functional neuroanatomical networks associated with expertise in motor imagery.</p> <p>Reliability of mental chronometry for assessing motor imagery ability after stroke TOTAL : 5</p>
	mental practice AND immobilization	208	<p><b>Preventing functional loss during immobilization after osteoporotic wrist fractures in elderly patients: a randomized clinical trial</b> Mental practice maintains range of motion despite forearm immobilization: a pilot study in healthy persons</p> <p><b>Mental Practice for Relearning Locomotor Skills</b> Mental practice has influence on limitation of motion and muscle atrophy following immobilisation of the radiocarpal joint: a prospective randomised experimental study. Effects of practice, visual loss, limb amputation, and disuse on motor imagery vividness. TOTAL : 5</p>
	neuromuscular adaptation AND immobilization	33	<p><b>Neuromuscular function following muscular unloading and blood flow restricted exercise</b> Skeletal muscle adaptations to physical inactivity and subsequent retraining in young men. Neuromuscular plasticity during and following 3 wk of human forearm cast immobilization. Soleus I reflex modulation in response to spinal and tendinous adaptations to unilateral lower limb suspension in humans.</p> <p><b>Adaptations in human neuromuscular function following prolonged unweighting: I. Skeletal muscle contractile properties and applied ischemia efficacy.</b> Adaptations in human neuromuscular function following prolonged unweighting: II. Neurological properties and motor imagery efficacy.</p> <p><b>Hindlimb unweighting for 2 weeks alters physiological properties of rat hindlimb motoneurons.</b> Effects of immobilizing a single muscle on the morphology and the activation of its muscle fibers. Age-related differences in synaptic plasticity following muscle unloading. TOTAL : 9</p>

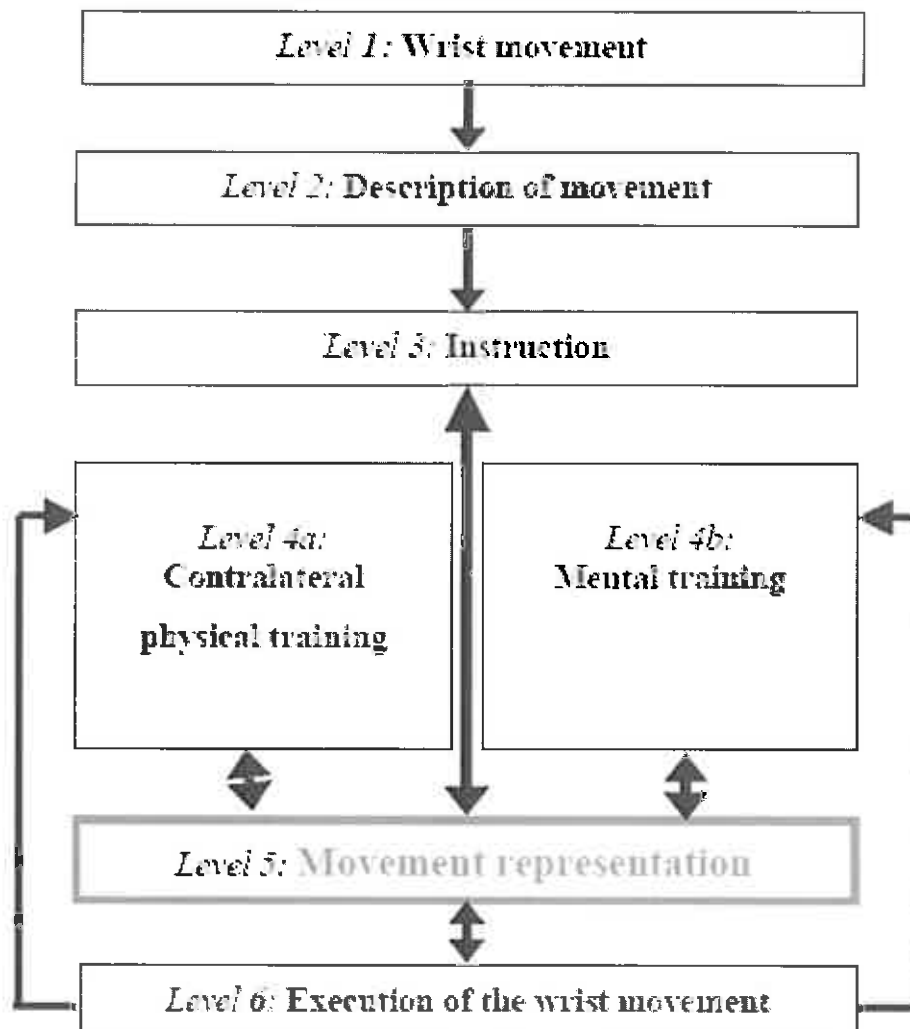
science direct	motor imagery AND immobilization Filtre : articles parus après 2005	109 1 Task-dependent changes of corticospinal excitability during observation and motor imagery of balance tasks 2 Brain activity during observation and motor imagery of different balance tasks: An fMRI study
		1 L'imagérie motrice en rééducation 2 Functional plasticity of sensorimotor representations following short-term immobilization of the dominant versus non-dominant hands
		2 Effects of Motor Imagery on Hand Function During Immobilization After Flexor Tendon Repair Normal Aging and Motor Imagery Vividness: Implications for Mental Practice Training in Rehabilitation
		Functional effect of short-term immobilization: Kinematic changes and recovery on reaching-to-grasp
		Imagerie motrice après fracture de l'extrémité digitale du radius
		2 Effect of motion imagery to counter rest-induced suppression of F-wave as a measure of anterior horn cell excitability
		2 Effect of volitional relaxation and motor imagery on F-wave and MEP: Do these tasks affect excitability of the spinal or cortical motor neurons?
		TOTAL : 10
KLR	Imagerie motrice	106 L'unité du corps et du mental La pratique mentale pour la rééducation suite à un accident vasculaire cérébral. Un complément aux interventions conventionnelles pour la récupération de la fonction
		L'imagérie motrice en rééducation
		Effets de l'imagérie motrice sur les représentations mentales du corps
		Après rupture des tendons fléchisseurs des doigts, la pratique du mouvement imaginé pendant la période d'immobilisation permet d'entretenir les mécanismes centraux responsables des mouvements des doigts
		TOTAL : 5
KS	Imagerie mentale	La simulation mentale du mouvement : données expérimentales et implications cliniques
		TOTAL : 1
Kinédoc	Imagerie motrice	87 L'imagérie motrice en rééducation
		TOTAL : 1
PEPro	motor imagery AND immobilization	1 Effects of motor imagery on hand function during immobilization after flexor tendon repair
		TOTAL : 1
	motor imagery	74 Sont retenus les revues de la littérature d'au moins de 5 ans traitant du sujet et les articles cotés à 4/10 Meta-analysis on the effect of mental imagery on motor recovery of the hemiplegic upper extremity function The effects of graded motor imagery and its components on chronic pain: a systematic review and meta-analysis Best practice for motor imagery: a systematic literature review on motor imagery training elements in five different disciplines Cortical changes after mental imagery training combined with electromyography-triggered electrical stimulation in patients with chronic stroke Rehabilitation with mental practice has similar effects on mobility as relaxation with relaxation in people with Parkinson's disease: a multicentre, randomised trial
		TOTAL : 5
HAS	Document écrit d'information	HAS Elaborer une brochure d'information pour les patients ou les usagers.pdf HAS Elaboration d'un document écrit d'information à l'intention des patients et des usagers du système de santé.pdf HAS Critères d'évaluation de la qualité des documents écrits d'information.pdf
		TOTAL : 3
EMConsult/KLR	Document écrit patient	192 Comment élaborer un document écrit d'information du patient
		TOTAL : 1
Thèses.fr	EMG Imagerie mentale	2 Efficience du travail mental sur le développement et le recouvrement des capacités motrices : force musculaire et imagerie motrice
		TOTAL : 1

pubmed	Autonomic nervous system AND MI	Autonomic response specificity during motor Imagery
	Motor Imagery questionnaire	The Kinesthetic and Visual Imagery Questionnaire (KVIQ) for Assessing Motor Imagery in Persons with Physical Disabilities: A Reliability and Construct Validity Study
science direct	Movement Imagery Questionnaire	Translation and validation of the French Movement Imagery Questionnaire - Revised Second Version (MIQ-RS) Évaluer la vivacité des images mentales dans différentes populations françaises
	Mirrors neurons	Les neurones miroirs : de l'anatomie aux implications physiopathologiques et thérapeutiques TOTAL : 5
RECHERCHE PAR AUTEURS	DECEY	Mapping motor representations with positron emission tomography Mentally simulated movements in virtual reality: Does Fitts's law hold in motor Imagery?
	JEANNEROD	Mental imaging of motor activity in humans.
	GUILLLOT/COLLET	Implementation of Motor Imagery during Specific Aerobic Training Session in Young Tennis Players Motor Imagery reinforces brain compensation of reach-to-grasp movement after cervical spinal cord injury Short-term effects of integrated motor Imagery practice on muscle activation and force performance Impact of neurologic deficits on motor Imagery: a systematic review of clinical evaluations Autonomic nervous system correlates in movement observation and motor Imagery The modulation of motor cortex excitability during motor Imagery depends on Imagery quality Coupling movement with Imagery as a new perspective for motor Imagery practice Increased muscle activation following motor Imagery during the rehabilitation of the anterior cruciate ligament Rehabilitation of the elbow extension with motor Imagery in a patient with quadriplegia after tendon transfer. Brain activity during visual versus kinesthetic Imagery: an fMRI study Functional neuroanatomical networks associated with expertise in motor Imagery. > il y en a encore plein d'autres
	MAYER	Does mental training improve learning to walk with an above-knee prosthesis? Mental gait training – effectiveness of a therapy method in the rehabilitation after hip-replacement
	REISER	Strength Gains by Motor Imagery with Different Ratios of Physical to Mental Practice
	RANGANATHAN	From mental power to muscle power--gaining strength by using the mind
	YUE ET COLE	Strength increases from the motor program: comparison of training with maximal voluntary and imagined muscle contractions TOTAL : 19

### ANNEXE 3 : Schéma du protocole selon le «Mental Gait Training»

Protocole mis en place dans l'étude de Frenkel (2014).

L'exécution du mouvement de poignet au niveau 6 est réalisée uniquement à la levée de l'immobilisation.



## ANNEXE 4 : Questionnaire MIQ-RS évaluant les capacités d'IM

Instructions à donner au patient : ce questionnaire envisage deux façons de se représenter mentalement les mouvements. Elles sont utilisées par certaines personnes plus que d'autres et sont plus applicables à certains types de mouvements qu'à d'autres. La première est d'essayer de former une image visuelle ou une image du mouvement dans votre esprit. La seconde consiste à sentir la représentation d'un mouvement sans réellement l'effectuer. Dans ce questionnaire, il vous est demandé de réaliser l'une et l'autre de ces tâches mentalement pour une variété de mouvements et ensuite d'apprécier combien vous trouverez ces tâches faciles ou difficiles. Les estimations que vous donnez ne sont pas conçues pour évaluer la bonne ou la mauvaise qualité de la façon dont vous exécutez ces tâches mentales. Elles visent à mettre en évidence la capacité que les sujets manifestent pour se représenter ces tâches dans des mouvements différents. Il n'y a pas de bonnes ou de mauvaises estimations ou d'estimations meilleures que d'autres.

Chacun des énoncés suivants décrit une action ou un mouvement particulier. Lisez chaque énoncé attentivement et exécutez ce mouvement tel qu'il est décrit (avec le membre sain). Exécutez ce mouvement une seule fois. Revenez à la position de départ du mouvement comme si vous alliez exécuter l'action une deuxième fois. Ensuite en fonction de ce qu'il vous est demandé de faire vous devrez exécuter une des deux propositions suivantes :

- Former une image mentale aussi claire et vive que possible du mouvement que vous venez d'exécuter.

- Essayer de vous sentir en train de réaliser le mouvement exécuté sans réellement le faire. Après avoir accompli la tâche mentale exigée, estimez la facilité ou la difficulté avec laquelle vous avez été capable de l'effectuer. Portez votre estimation sur l'échelle en portant une croix dans la case correspondante. Soyez aussi exact que possible et prenez le temps qu'il vous est nécessaire pour arriver à l'estimation adéquate de chaque mouvement. Vous choisirez la même estimation pour chaque mouvement « visualisé » ou « senti » et il n'est pas nécessaire d'utiliser la totalité de la longueur de l'échelle.

1. Position de départ : Debout, pieds joints, bras le long du corps.

**Action** : Montez votre genou aussi haut que possible afin de vous tenir sur une jambe. Le genou de la jambe levée doit être maintenu fléchi. Maintenant abaissez votre jambe jusqu'à ce que vous vous retrouviez en position pieds joints. Exécutez ces actions lentement.

**Tâche Mentale** : Prenez la position de départ. Essayez de vous sentir en train de faire le mouvement que vous venez d'exécuter sans le faire réellement. Maintenant, estimez la facilité ou la difficulté avec laquelle vous étiez capable de faire cette tâche mentale.

--	--	--	--	--	--	--

Très  
difficile à  
sentir

Difficile à  
sentir

Assez  
difficile à  
sentir

Neutre (ni  
facile ni  
difficile)

Assez facile  
à sentir

Facile à  
sentir

Très facile à  
sentir

2. Position de départ : Assis, mettez votre poing fermé sur votre genou.



**Action** : Déplacez votre bras au-dessus de votre tête. Gardez votre bras tendu pendant le mouvement et le poing fermé. Ensuite baisser votre bras jusqu'à votre genou en maintenant le bras tendu et le poing fermé.

**Tâche Mentale** : Prenez la position de départ. Essayez de vous voir en train de faire le mouvement que vous venez d'exécuter avec une image aussi claire et vive que possible. Maintenant, estimez la facilité ou la difficulté avec laquelle vous étiez capable de faire cette tâche mentale.

--	--	--	--	--	--	--

Très difficile à visualiser	Difficile à visualiser	Assez difficile à visualiser	Neutre (ni facile ni difficile)	Assez facile à visualiser	Facile à visualiser	Très facile à visualiser
-----------------------------	------------------------	------------------------------	---------------------------------	---------------------------	---------------------	--------------------------

**3. Position de départ** : Elevez latéralement (sur le côté) votre bras afin qu'il soit parallèle au sol, la paume vers le bas. Gardez celui-ci tendu, main ouverte.

**Action** : Déplacez votre bras parallèlement au sol jusqu'à ce qu'il soit directement devant vous. Gardez votre bras tendu pendant le mouvement et faites le mouvement lentement.

**Tâche Mentale** : Prenez la position de départ. Essayez de vous sentir en train de faire le mouvement que vous venez d'exécuter sans le faire réellement. Maintenant, estimez la facilité ou la difficulté avec laquelle vous étiez capable de faire cette tâche mentale.

--	--	--	--	--	--	--

Très difficile à sentir	Difficile à sentir	Assez difficile à sentir	Neutre (ni facile ni difficile)	Assez facile à sentir	Facile à sentir	Très facile à sentir
-------------------------	--------------------	--------------------------	---------------------------------	-----------------------	-----------------	----------------------

**4. Position de départ** : Debout, pieds légèrement écartés, et vos bras complètement étendus au-dessus de votre tête.

**Action** : Lentement, fléchissez le haut du corps vers l'avant au niveau de la taille et essayez de toucher vos orteils avec le bout de vos doigts (ou si possible, touchez le sol avec le bout de vos doigts ou vos mains). Maintenant revenez à la position de départ en vous redressant avec les bras tendus au-dessus de votre tête.

**Tâche Mentale** : Prenez la position de départ. Essayez de vous voir en train de faire le mouvement que vous venez d'exécuter avec une image aussi claire et vive que possible. Maintenant, estimez la facilité ou la difficulté avec laquelle vous étiez capable de faire cette tâche mentale.

--	--	--	--	--	--	--

Très difficile à visualiser	Difficile à visualiser	Assez difficile à visualiser	Neutre (ni facile ni difficile)	Assez facile à visualiser	Facile à visualiser	Très facile à visualiser
-----------------------------	------------------------	------------------------------	---------------------------------	---------------------------	---------------------	--------------------------

**5. Position de départ** : Mettez votre main devant vous à hauteur d'épaule comme si vous alliez pousser pour ouvrir une porte battante. Paume dirigée vers l'avant et vos doigts doivent être dirigés vers le haut.

**Action** : Etendez votre bras complètement comme si vous alliez pousser pour ouvrir la porte. Gardez vos doigts pointés vers le haut. Maintenant laissez la porte battante se refermer en ramenant votre bras et votre main vers vous en position de départ.

**Tâche Mentale** : Prenez la position de départ. Essayez de vous voir en train de faire le mouvement que vous venez d'exécuter avec une image aussi claire et vive que possible. Maintenant, estimez la facilité ou la difficulté avec laquelle vous étiez capable de faire cette tâche mentale.

--	--	--	--	--	--	--

Très difficile à visualiser	Difficile à visualiser	Assez difficile à visualiser	Neutre (ni facile ni difficile)	Assez facile à visualiser	Facile à visualiser	Très facile à visualiser
-----------------------------	------------------------	------------------------------	---------------------------------	---------------------------	---------------------	--------------------------

**6. Position de départ** : Assis, mettez votre main sur votre genou. Feignez que vous voyez un verre d'eau sur une table juste devant vous.

**Action** : Inclinez vous vers l'avant, saisissez le verre et soulevez-le légèrement au-dessus de la table. Maintenant reposez- le sur la table et remettez votre main sur le genou.

**Tâche Mentale** : Prenez la position de départ. Essayez de vous sentir en train de faire le mouvement que vous venez d'exécuter sans le faire réellement. Maintenant, estimez la facilité ou la difficulté avec laquelle vous étiez capable de faire cette tâche mentale.

--	--	--	--	--	--	--

Très difficile à sentir	Difficile à sentir	Assez difficile à sentir	Neutre (ni facile ni difficile)	Assez facile à sentir	Facile à sentir	Très facile à sentir
-------------------------	--------------------	--------------------------	---------------------------------	-----------------------	-----------------	----------------------

**7. Position de départ** : Votre main est le long du corps. Feignez qu'il y a devant vous une porte fermée.

**Action** : Inclinez vous vers l'avant et tendez le bras en avant, saisissez la poignée. Tirez celle ci pour ouvrir la porte. Fermez maintenant doucement la porte, lâchez la poignée et ramenez votre main le long du corps.

**Tâche Mentale** : Prenez la position de départ. Essayez de vous sentir en train de faire le mouvement que vous venez d'exécuter sans le faire réellement. Maintenant, estimez la facilité ou la difficulté avec laquelle vous étiez capable de faire cette tâche mentale.

--	--	--	--	--	--	--

Très difficile à sentir	Difficile à sentir	Assez difficile à sentir	Neutre (ni facile ni difficile)	Assez facile à sentir	Facile à sentir	Très facile à sentir
-------------------------	--------------------	--------------------------	---------------------------------	-----------------------	-----------------	----------------------

**8. Position de départ** : Debout, pieds joints, bras le long du corps.

**Action** : Montez votre genou aussi haut que possible afin de vous tenir sur une jambe. Le genou de la jambe levée doit être maintenu fléchi. Maintenant abaissez votre jambe jusqu'à ce que vous vous retrouviez en position pieds joints. Exécutez ces actions lentement.

**Tâche Mentale** : Prenez la position de départ. Essayez de vous voir en train de faire le mouvement que vous venez d'exécuter avec une image aussi claire et vive que possible. Maintenant, estimez la facilité ou la difficulté avec laquelle vous étiez capable de faire cette tâche mentale.

Très difficile à visualiser	Difficile à visualiser	Assez difficile à visualiser	Neutre (ni facile ni difficile)	Assez facile à visualiser	Facile à visualiser	Très facile à visualiser

**9. Position de départ :** Assis, mettez votre poing fermé sur votre genou.

**Action :** Déplacez votre bras au-dessus de votre tête. Gardez votre bras tendu pendant le mouvement et le poing fermé. Ensuite baisser votre bras jusqu'à votre genou en maintenant le bras tendu et le poing fermé.

**Tâche Mentale :** Prenez la position de départ. Essayez de vous sentir en train de faire le mouvement que vous venez d'exécuter sans le faire réellement. Maintenant, estimez la facilité ou la difficulté avec laquelle vous étiez capable de faire cette tâche mentale.

Très difficile à sentir	Difficile à sentir	Assez difficile à sentir	Neutre (ni facile ni difficile)	Assez facile à sentir	Facile à sentir	Très facile à sentir

**10. Position de départ :** Elevez latéralement (sur le côté) votre bras afin qu'il soit parallèle au sol, la paume vers le bas. Gardez celui-ci tendu, main ouverte.

**Action :** Déplacez votre bras parallèlement au sol jusqu'à ce qu'il soit directement devant vous. Gardez votre bras tendu pendant le mouvement et faites le mouvement lentement.

**Tâche Mentale :** Prenez la position de départ. Essayez de vous voir en train de faire le mouvement que vous venez d'exécuter avec une image aussi claire et vive que possible. Maintenant, estimez la facilité ou la difficulté avec laquelle vous étiez capable de faire cette tâche mentale.

Très difficile à visualiser	Difficile à visualiser	Assez difficile à visualiser	Neutre (ni facile ni difficile)	Assez facile à visualiser	Facile à visualiser	Très facile à visualiser

**11. Position de départ :** Debout, pieds légèrement écartés, et vos bras complètement étendus au-dessus de votre tête.

**Action :** Lentement, fléchissez le haut du corps vers l'avant au niveau de la taille et essayez de toucher vos orteils avec le bout de vos doigts (ou si possible, touchez le sol avec le bout de vos doigts ou vos mains). Maintenant revenez à la position de départ en vous redressant avec les bras tendus au-dessus de votre tête.

**Tâche Mentale :** Prenez la position de départ. Essayez de vous sentir en train de faire le mouvement que vous venez d'exécuter sans le faire réellement. Maintenant, estimez la facilité ou la difficulté avec laquelle vous étiez capable de faire cette tâche mentale.

Très difficile à sentir	Difficile à sentir	Assez difficile à sentir	Neutre (ni facile ni difficile)	Assez facile à sentir	Facile à sentir	Très facile à sentir

**12. Position de départ :** Mettez votre main devant vous à hauteur d'épaule comme si vous alliez pousser pour ouvrir une porte battante. Paume dirigée vers l'avant et vos doigts doivent être dirigés vers le haut.

**Action :** Etendez votre bras complètement comme si vous alliez pousser pour ouvrir la porte. Gardez vos doigts pointés vers le haut. Maintenant laissez la porte battante se refermer en ramenant votre bras et votre main vers vous en position de départ.

**Tâche Mentale :** Prenez la position de départ. Essayez de vous sentir en train de faire le mouvement que vous venez d'exécuter sans le faire réellement. Maintenant, estimez la facilité ou la difficulté avec laquelle vous étiez capable de faire cette tâche mentale.

--	--	--	--	--	--	--

Très difficile à sentir	Difficile à sentir	Assez difficile à sentir	Neutre (ni facile ni difficile)	Assez facile à sentir	Facile à sentir	Très facile à sentir
-------------------------	--------------------	--------------------------	---------------------------------	-----------------------	-----------------	----------------------

**13. Position de départ :** Assis, mettez votre main sur votre genou. Feignez que vous voyez un verre d'eau sur une table juste devant vous.

**Action :** Inclinez vous vers l'avant, saisissez le verre et soulevez-le légèrement au-dessus de la table. Maintenant reposez le sur la table et remettez votre main sur le genou.

**Tâche Mentale :** Prenez la position de départ. Essayez de vous voir en train de faire le mouvement que vous venez d'exécuter avec une image aussi claire et vive que possible. Maintenant, estimez la facilité ou la difficulté avec laquelle vous étiez capable de faire cette tâche mentale.

--	--	--	--	--	--	--

Très difficile à visualiser	Difficile à visualiser	Assez difficile à visualiser	Neutre (ni facile ni difficile)	Assez facile à visualiser	Facile à visualiser	Très facile à visualiser
-----------------------------	------------------------	------------------------------	---------------------------------	---------------------------	---------------------	--------------------------

**14. Position de départ :** Votre main est le long du corps. Feignez qu'il y a devant vous une porte fermée.

**Action :** Inclinez vous vers l'avant et tendez le bras en avant, saisissez la poignée. Tirez celle-ci pour ouvrir la porte. Fermez maintenant doucement la porte, lâchez la poignée et ramenez votre main le long du corps.

**Tâche Mentale :** Prenez la position de départ. Essayez de vous voir en train de faire le mouvement que vous venez d'exécuter avec une image aussi claire et vive que possible. Maintenant, estimez la facilité ou la difficulté avec laquelle vous étiez capable de faire cette tâche mentale.

--	--	--	--	--	--	--

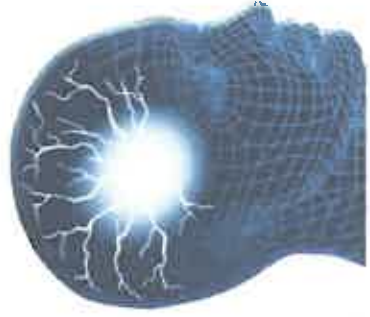
Très difficile à visualiser	Difficile à visualiser	Assez difficile à visualiser	Neutre (ni facile ni difficile)	Assez facile à visualiser	Facile à visualiser	Très facile à visualiser
-----------------------------	------------------------	------------------------------	---------------------------------	---------------------------	---------------------	--------------------------

## ANNEXE 5 : Livret



## Utilisation de l'imagerie motrice pour pallier aux déficits liés à l'immobilisation

"Vaincre les effets de l'immobilisation par la pensée"



1

## SOMMAIRE

1. Introduction.....	3
1.1. Présentation de l'imagerie motrice.....	3
1.2. Principe de l'imagerie motrice .....	4
2. Déficits liés à l'immobilisation .....	5
3. Effets de l'imagerie motrice .....	6
4. Proposition d'un protocole.....	7
4.1. Evaluation des capacités d'imagerie motrice .....	7
4.2. Protocole .....	8
4.2.1. Première étape.....	8
4.2.2. Deuxième étape .....	9
4.2.3. Troisième étape.....	10
4.2.4. Quatrième étape .....	11
5. Suivi des séances.....	12
6. Poursuite de la rééducation après l'immobilisation .....	14

2

## 1. Introduction

### 1.1. Présentation de l'imagerie motrice

L'imagerie motrice est une technique de rééducation basée sur la pensée. Elle est définie communément comme le fait de s'imaginer une action sans l'exécuter physiquement.

Cette technique est récente, elle a été étudiée dans le début des années 1990 par Jean Decety, docteur en neurosciences et Marc Jeannerod, neurophysiologiste.

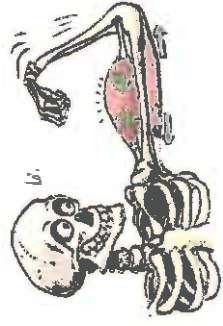
Ces deux spécialistes du sujet ont montré que s'imaginer un mouvement pouvait recruter les mêmes zones cérébrales que lorsqu'on l'exécute.

Il existe deux types d'imagerie motrice :

-l'imagerie motrice visuelle : on doit se voir faire le mouvement, soit de notre propre point de vue, soit comme spectateur de l'action.



-l'imagerie motrice kinesthésique : nous devons nous imaginer faire un mouvement en essayant de ressentir les éventuelles sensations de nos muscles et de nos articulations.

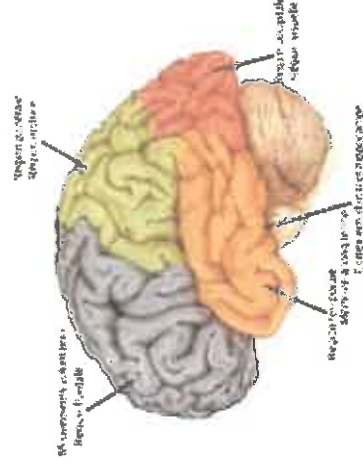


Il faut être à l'écoute des différentes parties de son corps.

Il existe un parallèle entre la réalisation du mouvement et le fait de se l'imaginer. C'est le principe fondamental sur lequel repose l'imagerie motrice.

### 1.2. Principe de l'imagerie motrice

Le cerveau est le centre du système nerveux : il perçoit, il pense et il agit. Lorsqu'on s'imaginer faire un mouvement, il active des zones spécifiques, notamment au niveau frontal et pariétal : ces zones sont en effet responsables de la volonté du mouvement, de sa planification et de sa réalisation.



Or, on a remarqué que les mêmes zones cérébrales s'activaient lors de l'imagerie motrice et lors du mouvement réellement exécuté. On peut donc imaginer que dans le contexte où aucun mouvement n'est possible, notamment lors d'une immobilisation, s'imaginer faire les mouvements peut réduire les déficits qui en découlent

## 2. Déficits liés à l'immobilisation

L'immobilisation est souvent la période survenant immédiatement après un traumatisme, avec ou sans intervention chirurgicale associée. Elle est donc souvent indiquée lorsque la consolidation est fragile et qu'aucun mouvement articulaire n'est permis.

Le délai de cette immobilisation peut varier selon de très nombreux facteurs : l'âge, le type de l'atteinte : osseuse, musculaire ou tendineuse, le segment corporel touché, la compliance du patient...



De nombreux effets néfastes de l'immobilisation surviennent durant cette phase où la kinésithérapie n'est pas forcément indiquée :

- la fonte musculaire (amyotrophie)
- la baisse de la force musculaire
- la diminution de l'extensibilité musculaire
- l'enraidissement des articulations
- la diminution de la vitesse et du contrôle du mouvement

La perte de force est causée par des facteurs musculaires, mais également nerveux, notamment une diminution de la surface corticale des muscles immobilisés.

## 3. Effets de l'imagerie motrice

La diminution de la surface corticale dédiée aux muscles immobilisés est due à une désorganisation de neurones, car ils n'établissent plus de connexions entre eux. On peut aussi parler de désynchronisation. L'imagerie motrice a un rôle sur l'activation cérébrale et notamment le maintien de ces connexions, le mouvement imaginé recrutant les mêmes aires cérébrales que le mouvement réalisé.

Ainsi, nous pouvons espérer accélérer le processus de récupération et réduire les déficits liés à l'immobilisation, notamment en jouant sur une plus faible perte de force.



#### 4. Proposition d'un protocole

Pour réaliser ce protocole, nous nous sommes basés sur des études scientifiques réalisées sur l'utilisation de l'imagerie motrice.

Ainsi nous avons essayé de synthétiser les résultats et d'en ressortir le protocole le plus adapté et le plus efficace.

##### 4.1. Evaluation des capacités d'imagerie motrice

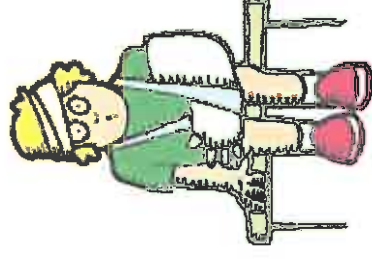
Avant de débiter un protocole, il faut que nous nous donnions une idée des capacités d'imagerie que vous possédez, chaque individu n'ayant pas forcément les mêmes. Pour ce faire, votre thérapeute va vous faire remplir le "Movement Imagery Questionnaire" qui a une version française validée. Il faut que vous suiviez ses instructions et que vous vous auto-évaluiez de la façon la plus exacte possible à la suite de plusieurs situations.



Le test que vous venez d'effectuer va tout d'abord nous donner une idée de vos capacités d'imagerie, et il a aussi l'avantage de vous sensibiliser aux techniques que vous allez devoir mettre en place pour suivre le protocole qui suit.

#### 4.2. Protocole

Vous êtes actuellement en période d'immobilisation d'une ou plusieurs articulations. Pour limiter le déficit de force et d'amplitude se mettant en place lors de cette période, nous vous proposons de suivre une série d'exercices mentaux afin que le cerveau "garde en mémoire" les schémas moteurs et sensitifs qui sont mis en jeu lors du mouvement.



##### *4.2.1. Première étape*

La première séance doit se dérouler avec votre kinésithérapeute. Celui-ci va reprendre avec vous les modalités d'utilisation de l'imagerie motrice, ses effets, ses rôles... Il va également vous rappeler tous les mouvements de l'articulation immobilisées afin que vous puissiez tous les réaliser lors de votre séance.

Articulation concernée : .....

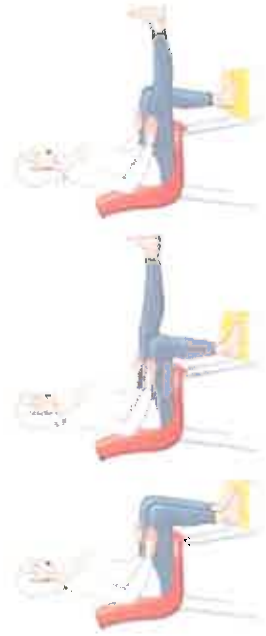
Mouvements à imaginer :

.....  
.....  
.....

Mouvements réalisés par l'articulation dans les activités de la vie quotidienne ou dans votre travail :

.....  
.....  
.....

### 4.2.2. Deuxième étape



Vous allez devoir réaliser les mouvements notés ci-dessus avec le **membre opposé**. Lors de ces mouvements, essayez de bien **ressentir** les sensations des articulations et des muscles (leur contraction, leur étirement), afin que vous puissiez vous imaginer les sentir lors de l'imagerie motrice.

Cette technique d'imagerie qui vise à s'imaginer des sensations a montré sa supériorité dans quelques études en comparaison avec l'imagerie visuelle simple.

### 4.2.3. Troisième étape

C'est l'étape de l'imagerie motrice proprement dite, donc l'imagination des mouvements que vous venez d'effectuer avec le membre opposé.



**Consigne** : les yeux fermés, vous allez vous concentrer sur les sensations de vos muscles, leur contraction, leur mise en tension. Imaginez le mouvement et essayez de percevoir les sensations qui s'en dégagent, imaginez-vous en train de contracter aussi fort que vous pouvez, tenez **5 secondes** et faites attention ne jamais contracter réellement, **aucun mouvement ne doit être produit**.

Faites d'abord les mouvements analytiques, c'est-à-dire les mouvements simples, comme la flexion/extension, les rotations, les inclinaisons... Puis les mouvements fonctionnels en imaginant un contexte particulier autour.

**Répétitions** : faites **3 séries de 10 répétitions** pour chaque mouvement

**Temps de repos** : Laissez **2 minutes** entre chaque série



#### 4.2.4. Quatrième étape

Cette étape correspond à  **votre auto-prise en charge**. Après avoir participé à la séance d'initiation avec le kinésithérapeute, vous pouvez mettre en oeuvre le même protocole chez vous, en autonomie.

**Fréquence des séances** : **au moins un jour sur deux**, le mieux étant tout de même de s'entraîner tous les jours. Il faut que vous vous installiez dans un endroit calme, propice à la concentration.

**Durée de la séance** : environ **20 minutes**, mais prenez tout le temps qui vous semble nécessaire. Plus votre travail sera

régulier, et plus il sera bénéfique pour vous. Vous êtes l'acteur de votre rééducation à cette phase.

#### 5. Suivi des séances

Afin que le kinésithérapeute ait un retour sur le travail que vous avez fourni, nous vous proposons de remplir le tableau ci-dessous après chacune de vos séances. Cela lui permettra d'adapter les séances au fur et à mesure que vous progressez, et en fonction des remarques que vous aurez écrites.

Date	Heure	Durée de la séance	Nombre de séries	Remarques

**6. Poursuite de la rééducation après l'immobilisation**

L'emploi de l'imagerie motrice n'a pas été démontré que dans le domaine de l'immobilisation. Il a été également prouvé que son utilisation en complément de la pratique physique est bénéfique concernant le **gain de force, de contrôle et de rapidité du mouvement**... Si vous pratiquez un sport vous pouvez même vous en servir à visée **d'amélioration de vos performances techniques**.

Les séances peuvent se faire juste avant la pratique physique ou en séance à part, à vous de choisir celle qui vous conviendra le mieux.

Le protocole est le même, accentuez bien l'imagerie sur le paramètre que vous souhaitez améliorer. Par exemple, s'il s'agit du gain de force, imaginez vous en train de soulever des charges maximales. Si le but est d'améliorer la technique du mouvement, imaginez l'action de la façon la plus optimale possible.