

MINISTÈRE DE LA SANTÉ
RÉGION LORRAINE
INSTITUT LORRAIN DE FORMATION EN MASSO-KINÉSITHÉRAPIE DE
NANCY

**INTÉRÊT DE L'IMAGERIE MOTRICE
DANS LA RÉÉDUCATION DE LA MALADIE DE
PARKINSON**

Mémoire présenté par Céline CACAULT-BOULIN
Étudiante en 3^{ème} année de masso-kinésithérapie
en vue de l'obtention du Diplôme d'État
de Masseur-Kinésithérapeute
2011-2012

SOMMAIRE

RÉSUMÉ

1. INTRODUCTION.....	1
2. RAPPELS.....	2
2. 1. Les noyaux gris centraux.....	2
2. 2. L'organisation cérébrale du mouvement.....	3
2. 3. La maladie de Parkinson.....	4
2. 4. L'imagerie motrice.....	7
2. 4. 1. Définitions.....	7
2. 4. 2. Caractéristiques.....	8
2. 4. 3. En pratique.....	9
2. 4. 4. Perspectives.....	10
2. 4. 5. Évaluation.....	12
2. 4. 6. Limites.....	14
3. LES DIFFÉRENTES ÉTUDES : PROTOCOLES ET RÉSULTATS.....	15
3. 1. Méthodologie.....	15
3. 2. Les personnes atteintes de la maladie de Parkinson ont-elles la capacité d'imaginer ?.....	16
3. 3. Caractéristiques de l'imagerie motrice chez le parkinsonien.....	17
3. 3. 1. Chronométrie.....	18
3. 3. 2. Activation des aires cérébrales.....	19
3. 3. 2. 1. Aire motrice primaire, aire motrice supplémentaire et pré-A.M.S.....	19
3. 3. 2. 2. Autres zones.....	20

3. 3. 2. 3. Zones compensatoires.....	20
3. 4. L'entraînement à l'imagerie motrice a-t-il un effet positif ?.....	21
3. 5. Effet du traitement par stimulations subthalamiques sur l'imagerie motrice.....	23
3. 6. Autres études réalisées grâce à l'imagerie motrice sur la maladie de Parkinson.	23
4. DISCUSSION.....	24
5. CONCLUSION.....	28

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

RÉSUMÉ

L'imagerie motrice est une technique qui a déjà montré son efficacité dans certains domaines notamment le domaine sportif.

Néanmoins, elle n'est qu'à un stade débutant dans le cadre de la rééducation neurologique avec des recherches de plus en plus nombreuses notamment dans le cadre de la rééducation post-AVC.

Cette technique ayant des effets sur le mouvement, il semble possible qu'elle puisse avoir un intérêt dans la maladie de Parkinson dont les déficiences se retrouvent dans le mouvement.

Dans cette étude, nous avons cherché à faire une synthèse des recherches actuelles sur l'imagerie motrice chez les patients atteints de la maladie de Parkinson. Il en ressort que le nombre d'études est faible notamment en ce qui concerne la rééducation par l'imagerie motrice, et les résultats parfois en désaccord. Il semble cependant que les parkinsoniens soient capables d'imaginer, bien que cette capacité se réduise progressivement avec le développement de la maladie.

Les explorations fonctionnelles ont permis d'observer l'existence de zones compensatoires au niveau cérébral expliquant les compensations visuelles des parkinsoniens.

Actuellement, l'efficacité de l'imagerie motrice comme complément à la rééducation classique est évoquée dans quelques rares études.

Les résultats ne permettent pas de conclure à une efficacité certaine de l'imagerie motrice dans la rééducation des parkinsoniens, cependant il semble intéressant d'intégrer cette approche innovante dans leur programme rééducatif.

Mots-clés : imagerie motrice, Parkinson, motor imagery.

1. INTRODUCTION

La première description de la maladie de Parkinson a été faite par James Parkinson en 1817. D'autres publications décrivent les différents symptômes et leurs causes jusque dans les années 1960 où les premiers traitements par Levodopa ont vu le jour. Les recherches continuèrent dans les années qui suivirent pour aboutir, dans les années 1990, aux traitements par électrostimulation [1].

Il s'agit de la deuxième pathologie dégénérative après la maladie d'Alzheimer. Elle touche 2% des personnes après 65 ans et 4% à partir de 80 ans à part égale entre hommes et femmes, et se déclenche à un âge moyen de 57 ans [1, 2]. La prise en charge combine des disciplines médicales, à travers les traitements médicamenteux et chirurgicaux, et paramédicales combinant l'orthophonie, la kinésithérapie, l'ergothérapie, l'activité physique adaptée, et les soins infirmiers.

De nombreuses zones d'ombres demeurent à propos de cette maladie et l'étiologie reste imprécise. Cependant les causes pourraient être d'origine génétique et/ou environnementale. Les études ayant pour but de trouver de nouveaux traitements sont encore nombreuses.

Dans le cadre de la recherche, certaines études ont envisagé d'utiliser l'imagerie motrice (I.M.) pour visualiser les déficiences des aires cérébrales responsables du mouvement chez les patients parkinsoniens et d'autres dans le cadre de la rééducation.

La technique de l'I.M. a, depuis longtemps, fait ses preuves dans certains domaines tels que la kinésithérapie du sport mais en est encore à un stade débutant en rééducation neurologique.

L'I.M. stimule les aires cérébrales responsables du mouvement de manière en partie similaire au mouvement réel, mais sans mettre en jeu la contraction musculaire. Elle permet

d'améliorer une compétence en développant les aires cérébrales qui s'y rattachent, d'où son intérêt dans le sport ou la musique.

La maladie de Parkinson pose des problèmes de lenteur au niveau du mouvement entraînant des difficultés dans la vie quotidienne des patients. L'I.M. pourrait-elle limiter ces symptômes en améliorant la représentation du mouvement au niveau cérébral ?

Sans parler d'I.M., Nieuwoer en 2010 recommandait aux patients parkinsoniens de répéter chaque séquence d'un mouvement avant son exécution, la répétition mentale du mouvement influençant le mouvement réel [3].

Après quelques rappels neurologiques, et un retour sur la maladie de Parkinson et l'I.M., nous chercherons à faire une synthèse des recherches actuelles en matière d'I.M. chez les parkinsoniens et à en discuter les résultats.

2. RAPPELS

2.1. Les noyaux gris centraux

Les noyaux gris centraux ont un rôle dans le contrôle du mouvement, mais aussi dans certaines fonctions cognitives, telles que la mémoire, le comportement et les émotions ; ils sont responsables de l'exécution automatique de schémas moteurs appris [4]. Ces structures sont défaillantes chez les personnes atteintes de la maladie de Parkinson. La voie nigrostriée perd progressivement son efficacité et les mouvements deviennent de plus en plus difficiles, impliquant la perte des automatismes chez le parkinsonien.

Au niveau du contrôle moteur normal, les noyaux gris centraux jouent un rôle de régulation quantitative sur les informations qu'ils reçoivent en provenance du cortex préfrontal [5]. Ils permettent de faciliter et d'inhiber les signaux. Les messages sont ensuite

envoyés vers le cortex moteur pour l'exécution de l'action.

La régulation chimique par des neurotransmetteurs permet les échanges et la voie nigrostriée utilise entre autre la dopamine pour contrôler le mouvement volontaire ; cette molécule dopaminergique manque dans la maladie de Parkinson [6].

2.2. L'organisation cérébrale du mouvement

L'implication de l'aire motrice primaire (A.M.P.) lors des mouvements analytiques distaux controlatéraux ne peut expliquer à elle seule l'organisation générale du mouvement.

En avant de l'aire motrice primaire sur le cortex frontal, deux aires ont un rôle dans le mouvement : l'aire prémotrice (ou pré-A.M.S.) en situation latérale et l'aire motrice supplémentaire (A.M.S.) en situation médiane (ou aire 6 de Brodmann). Les contractions produites par la stimulation électrique de ces aires sont moins sélectives que celles produites par l'A.M.P. ; elles permettent des mouvements plus globaux et non la contraction isolée d'un muscle sans coordination avec les autres.

La stimulation de l'aire prémotrice induit le mouvement de tout un membre, ce qui met en jeu plusieurs excitations et inhibitions réciproques et coordonnées.

La stimulation de l'A.M.S. provoque des actes moteurs très complexes, mettant en jeu la contraction coordonnée de muscles situés dans les deux hémicorps [6]. L'A.M.S. joue un rôle dans la programmation et l'anticipation des mouvements complexes [7].

Les aires prémotrices et A.M.S. sont responsables de l'élaboration du programme moteur et l'A.M.P. de la mise en œuvre de celui-ci. L'aire prémotrice et l'A.M.S. ne sont efficaces dans le mouvement réel que si l'A.M.P. est opérationnelle.

Quant au lobe pariétal postérieur, il guide par des informations visuo-spatiales, données importantes pour le parkinsonien qui a tendance à compenser par la vue [8].

Dans la maladie de Parkinson, des mouvements peuvent être réalisés mais ceux effectués par automatisme sont de plus en plus difficiles à exécuter. La planification de l'action devient compliquée car elle ne se fait plus d'elle-même et nécessite beaucoup d'efforts. Il est donc important pour les parkinsoniens de concentrer leur attention sur des mouvements qui ont perdu leurs automatismes et que les sujets vont devoir réapprendre de manière consciente.

2.3 La maladie de Parkinson.

Cette pathologie est due à une dégénérescence du système nigrostrié et à une réduction de la synthèse de dopamine par la substance noire [9].

Une dysfonction au niveau de l'A.M.S. est probable puisque les noyaux gris centraux exercent un contrôle sur cette aire pour permettre ou non le mouvement. Si les informations envoyées par les noyaux gris centraux ne sont pas adaptées, l'A.M.S. ne répondra pas normalement.

Cette maladie débute en général unilatéralement avant d'être bilatérale.

Elle présente quatre principaux symptômes : une akinésie, une bradykinésie, une rigidité et un tremblement de repos (absent dans un tiers des cas). Ces symptômes sont variables d'un patient à un autre mais aussi chez un même patient, entre deux moments de la journée, selon les phases «on» et «off». Cette maladie se traduit notamment par une perte des automatismes, ce qui implique que chaque tâche doit être réfléchie et décomposée (par exemple pour se lever d'une chaise le patient doit glisser les fesses en avant de l'assise, ramener les pieds en arrière sous le siège, se pencher en avant, pousser sur les jambes et redresser le dos pour se lever).

Il existe aussi, chez certains parkinsoniens, un phénomène de freezing qui se traduit

par des difficultés à démarrer le mouvement, ou par un blocage du mouvement, par exemple lors de la marche lors du passage dans l'encadrement d'une porte.

Lors de l'évolution de la maladie, des symptômes neurovégétatifs (hypotension orthostatique, hypersudation, constipation) et cognitifs peuvent apparaître. Certains désordres affectifs peuvent aussi faire partie des symptômes.

Les troubles cognitifs chez les parkinsoniens non-déments sont discrets et subtils aux premiers stades de la maladie et deviennent de plus en plus marqués en cours d'évolution. Ils sont essentiellement dus à une réduction des capacités de supervision de l'action. Les patients décrivent un temps de réaction et de réflexion augmenté, un contrôle volontaire attentionnel nécessaire, des oublis fréquents mais qui semblent avoir peu d'incidence sur la vie quotidienne. L'orientation dans le temps et l'espace est normale.

La réalisation de doubles tâches est difficile, les informations de chaque tâche à effectuer sont traitées successivement et non simultanément comme chez le sujet sain. La stratégie à adopter pour cette difficulté étant l'évitement des tâches simultanées.

Le traitement médicamenteux consiste à l'administration de L-DOPA, un précurseur de synthèse de la dopamine, qui permet une disparition momentanée des mouvements anormaux. Cette molécule améliore la triade symptomatique de la maladie de Parkinson mais pas l'extension de la dégénérescence. Ce traitement permet de passer temporairement de la phase «off» à la phase «on» en réduisant les symptômes.

Il existe aussi un traitement chirurgical : la stimulation cérébrale profonde, mais cette intervention ne concerne que 5 à 10% des patients [9].

La grille UPDRS (Annexe I), spécifique à la maladie de Parkinson, permet d'évaluer le stade d'avancement de la maladie ainsi que son évolution en renouvelant régulièrement ce bilan. Elle est composée de 42 items, répartis en 4 groupes, pouvant être réalisés chacun séparément.

Cette grille est complétée par les stades de Hoehn et Yahr (Annexe II) et l'échelle d'activité de la vie quotidienne de Schwab et England (Annexe III).

Les autres critères utilisés pour caractériser le stade de développement de la maladie sont le temps depuis lequel la maladie se développe, le traitement administré ainsi que sa posologie.

Classiquement, le traitement des parkinsoniens est essentiellement chimique, à travers les médicaments. Les traitements physiques, comme la kinésithérapie, sont trop souvent sous-utilisés notamment aux stades débutants ou modérés du développement et ne concerne qu'un patient sur trois en ambulatoire [13]. Le traitement physique a pourtant un intérêt certain en tant que traitement symptomatique des déficiences motrices, mais aussi en tant que traitement neuroprotecteur selon certaines études sur des animaux [14].

Aux stades modérés, le but est de retarder au maximum l'aggravation fonctionnelle et motrice ; le sujet parkinsonien est deux fois plus sujet aux chutes que la personne âgée en général [15]. Le traitement dopaminergique a tendance à altérer l'équilibre en ralentissant les réactions d'ajustement postural [16,17].

Les techniques de rééducation ayant prouvé leur intérêt sont le renforcement des membres inférieurs pour l'équilibre et la marche [18, 19, 20, 21], l'exercice aérobie à haute intensité [22], les stratégies attentionnelles [23] (instructions verbales [10] et rythmiques, signalisation sensorielle), les exercices de rotation axiale active [24, 25] et la répétition en grand nombre de tâches motrices spécifiques [26, 27, 28]. Les techniques complémentaires utilisées régulièrement malgré l'absence d'études sont les mobilisations passives et actives, le travail proprioceptif et la relaxation [29].

Dans la maladie de Parkinson, l'augmentation attentionnelle lors d'une tâche motrice peut améliorer significativement la réalisation de cette tâche [23].

Aux stades avancés, le but est de préserver autant que possible l'autonomie. Les

stratégies de compensation doivent être enseignées au patient et à son aidant afin de minimiser les effets des déficiences et d'augmenter la sécurité au domicile.

2.4 L'imagerie motrice

2.4.1. Définitions

L'imagerie mentale consiste à utiliser sa mémoire ou son imagination afin de se représenter mentalement un objet physique, un concept, une idée, ou une situation.

«L'imagerie mentale est une expérience qui est identique à l'expérience réelle. Nous sommes conscients de voir une image, de ressentir des sensations, de sentir les odeurs, le goût, d'entendre des bruits sans réellement les vivre. Cette expérience est différente de celle du rêve, car nous sommes éveillés et conscients de former une image» [30].

L'imagerie motrice quant à elle, est une image mentale dans laquelle le corps humain est impliqué [31]. C'est une représentation mentale d'un mouvement donné sans mouvement corporel associé. Il s'agit donc d'un processus actif et conscient durant lequel la représentation d'une action spécifique est reproduite intérieurement au niveau de la mémoire de travail, sans production de l'acte moteur [32].

En 1994, Jeannerod définit l'I.M. comme le résultat conscient de l'intention du mouvement [33].

Malouin, en 2004, la définit comme un état dynamique pendant lequel la représentation d'une action spécifique est réactivée de manière interne [34].

Il ne faut pas confondre I.M. et *observation motrice*. L'observation motrice utilise un dispositif de boîte miroir ou de réalité virtuelle pour donner une illusion de déplacement d'un membre ou d'une partie du corps. Cette technique utilise des stratagèmes à distance qui

agissent directement sur les structures cérébrales [35].

Le but de ces deux techniques est différent. L'I.M. permet de perfectionner un mouvement tandis que l'observation motrice permet de réafférenter des parties du corps après un accident vasculaire cérébral (AVC) par exemple [36].

2.4.2. Caractéristiques

Il a été démontré, à travers de nombreuses études chez des personnes saines, que la simulation mentale d'un mouvement met en jeu des circuits proches de ceux qui réagissent lors d'un mouvement réel.

Ces études ont été réalisées en cartographiant les zones cérébrales qui réagissent lors d'un mouvement réel et lors d'un mouvement imaginé.

Lors d'études à l'aide de l'imagerie fonctionnelle par résonance magnétique (IRMf) chez le sujet sain, l'A.M.S. et le cortex prémoteur sont systématiquement activés lors du mouvement imaginé [37, 38, 39]. Une implication des noyaux gris centraux, du cervelet et du cortex pariétal est visible [40, 41]. De plus le cortex moteur primaire participerait lui aussi à la réalisation d'une tâche d'I.M.

Il semble aussi qu'avec l'entraînement à l'I.M., les zones corticales activées soient de plus en plus étendues (Annexe IV) [42].

Il a aussi été mis en évidence des données communes facilement mesurables entre l'I.M. et le mouvement réel, notamment la chronométrie [43, 44].

En effet le temps mis pour réaliser une action est le même que pour l'imaginer. La loi de Fitt's, qui établit un rapport entre la complexité du mouvement et le temps nécessaire pour le réaliser lors du mouvement réel, est strictement respectée lors des tâches d'I.M.

De plus, une augmentation de la fréquence respiratoire et du rythme cardiaque est mise

en évidence lors du mouvement imaginé [45]. L'activation du système nerveux central par l'I.M. induit une activation du système nerveux autonome.

Par contre, aucune variation du métabolisme musculaire n'a été montrée lors de l'I.M., ce qui exclut une activité musculaire associée [46].

Chez les patients ayant une déficience motrice d'un membre, l'I.M. d'un mouvement avec ce membre reproduit les mêmes caractéristiques de temps : le mouvement plus long en vrai est aussi plus long en imaginé. La modification du déroulement temporel lors d'un mouvement réellement réalisé est aussi observée lors d'un mouvement imaginé, éliminant l'hypothèse d'un mouvement imaginé sans lien avec ses caractéristiques réelles. Ces caractéristiques s'adaptent aux déficiences et à l'environnement [46, 47].

L'I.M. met en jeu le même procédé de préparation motrice que le mouvement réel, mais sans la dernière phase d'exécution [47, 48]. Elle permet, en accédant aux programmes moteurs, d'ajouter une composante d'anticipation plus importante [48].

L'I.M. peut être considérée à la fois comme «passive» car sans production de mouvement mais également «active» par stimulation du système nerveux central.

2.4.3. En pratique

L'intérêt de cette technique est d'être applicable à des personnes aux capacités physiques réduites suite à une immobilisation de longue durée ou lors d'une déficience empêchant le mouvement pour compléter les techniques passives. Elle permet également de prolonger une séance de rééducation lorsque le patient est sujet à une fatigabilité précoce ou à la douleur.

Elle favorise aussi la réorganisation corticale du fait de la plasticité cérébrale, ce qui en fait un outil de choix en rééducation neurologique.

En rééducation, ce moyen thérapeutique a surtout fait ses preuves depuis longtemps chez les sportifs, Feltz et Landers ont notamment réalisé une méta-analyse tout à fait concluante dès 1983 [49, 50]. Mais l'I.M. a aussi été utilisée chez les musiciens dans une étude sur l'apprentissage d'un morceau de piano par Pascual-Leone en 1995 [42]. Cette technique s'est intéressée aux pathologies neurologiques plus tardivement, notamment chez les personnes amputées ressentant des douleurs fantômes [51] et après un AVC [52, 53].

Chez les sportifs, c'est une technique qui a montré une efficacité maximale en début d'apprentissage. C'est la phase où la composante cognitive est plus importante que la composante motrice pour l'amélioration d'une technique et la construction d'un schéma moteur. Il faut tout de même que le mouvement imaginé ait déjà été réalisé auparavant afin d'avoir une certaine représentation des sensations et des informations sensorielles ressenties [49].

2.4.4. Perspectives

Il y a deux possibilités pour imaginer. Soit le patient s'imagine faisant l'action en visualisant en vision interne ses propres membres et l'environnement. La personne est actrice du mouvement, les sensations seront plutôt kinesthésiques («Je me vois bouger, je me sens bouger») [54].

Soit il imagine comme s'il était à côté de son corps. L'image est alors externe et la personne spectatrice du mouvement («Je vois l'autre bouger»), les informations sont plutôt visuelles.

Lors de l'I.M. en visualisation interne ou à la première personne, l'imagerie kinesthésique implique des sensations somesthésiques provenant de l'action, tandis qu'en imagerie externe, à la 3ème personne, ce sont des informations visuelles qui sont traitées.

Au niveau de l'A.M.S., les zones activées ne sont pas les mêmes selon la façon d'imaginer (fig.1) [55, 56]. En perspective interne, il y aura notamment une activité accrue des parties ventrale et médiale de l'A.M.S., tandis que les neurones prémoteurs seront plus actifs en perspective externe [57].

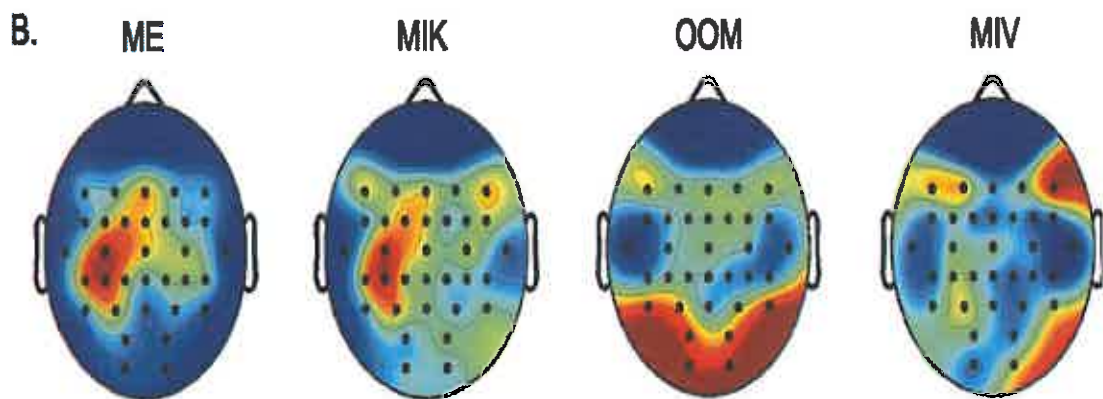


Figure 1 : Visualisation par EEG de l'activité cérébrale selon différentes perspectives d'imagerie. (ME : exécution motrice, MIK : I.M. kinesthésique, OOM : observation motrice, MIV : I.M. visuelle) [55]

La façon d'imaginer dépend beaucoup du sujet. Il a été montré, lors de l'étude de Mulder en 2007, que les personnes âgées ont plus de facilités avec la perspective externe. Selon cette étude, seulement 15% des plus de 64 ans avaient une bonne capacité à imaginer en perspective interne, contre 31% chez les 30-64 ans et 32,9% chez les moins de 30 ans. Cette différence pourrait s'expliquer par la diminution de l'activité motrice avec l'âge, et donc par la tendance à plus regarder les autres bouger [56].

Il semble néanmoins que la représentation kinesthésique soit plus efficace pour améliorer le

déroulement de tâches nécessitant un contrôle moteur [58].

Il est possible, selon le mouvement à imaginer, de pratiquer l'I.M. yeux ouverts ou yeux fermés. Le fait d'avoir les yeux fermés facilite la concentration, tandis que les yeux ouverts permettent de mieux situer le mouvement dans l'environnement. Par exemple, pour le mouvement de prendre une tasse pour boire, le fait d'avoir en visuel la tasse facilite l'image.

Pour les personnes ayant des difficultés à imaginer, par exemple chez les parkinsoniens, il peut être avantageux d'imaginer les yeux ouverts, dans des conditions environnementales proches du mouvement réel habituellement réalisé.

2.4.5. Evaluation

La capacité d'imagerie doit aussi être évaluée pour pouvoir utiliser cette technique et savoir quelle perspective privilégier. Chez les sujets sains, certains sont considérés comme «bons imageurs» et d'autres comme «mauvais imageurs» comme les présente Sonia PICCUT dans son mémoire [80]. (fig. 2)

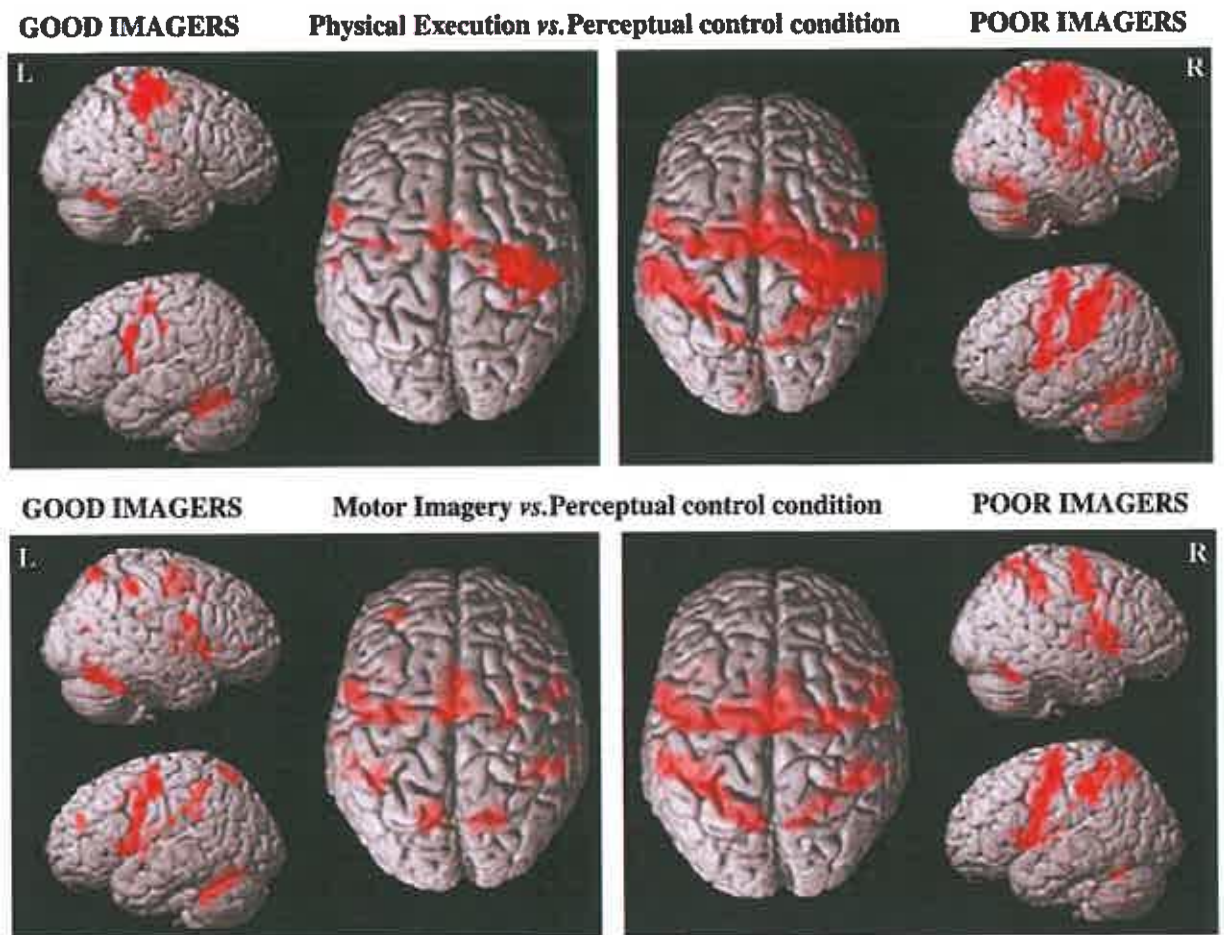


Figure 2 : IRMf représentant les zones d'activation du cortex lors d'exécution physique et mentale de «bons et mauvais imageurs» [59].

Selon certaines études, certaines pathologies neurologiques, notamment la maladie de Parkinson, affecteraient la capacité à imaginer [46].

La capacité à imaginer peut être évaluée à travers des questionnaires. Plusieurs existent : le MIQ (Movement Imagery Questionnaire) conçu par Hall et Pongrac en 1983 et dont plusieurs versions ont été établies entre temps (Annexe V) ; le VMIQ (Vividness of Motor Imagery Questionnaire) rédigé par Isaac en 1986. Le questionnaire le plus adapté à des patients est le KVIQ (Kinesthetic and Visual Imagery Questionnaire), dérivé du MIQ, développé par Malouin en 2007 [60]. Il est adapté à des personnes qui doivent être guidées dans la cotation de l'imagerie et qui ne sont pas capables de tenir debout ou de réaliser des

mouvements complexes. Cette échelle évalue la clarté de l'image et l'intensité des sensations. Il s'agit de mouvements simples qui sont réalisés physiquement puis mentalement immédiatement après.

Les tests de chronométrie et de réactions organiques peuvent aussi servir à l'évaluation.

2.4.6. Limites

Cette technique proposée pour améliorer les performances des sportifs ou l'habileté des musiciens est aussi utilisée en médecine physique de rééducation pour certaines pathologies neurologiques notamment certains AVC ou les douleurs fantômes chez les personnes amputées. Elle comporte néanmoins des limites : elle nécessite une implication totale du sujet à l'exercice demandé. Le patient a une vision personnelle qui rend l'analyse de l'image formée subjective, ce qui rend plus difficile l'évaluation externe. Seule la personne qui imagine peut dire si l'image est claire et facile à obtenir, si les sensations sont inexistantes, atténuées ou proches de celles ressenties lors d'un mouvement réel, si l'observation est interne ou externe. Le thérapeute ne peut que croire le patient.

Ceci implique aussi que le patient ait les capacités non seulement d'imaginer, mais pour commencer, de comprendre l'exercice. Celui-ci demande d'être attentif, d'avoir une mémoire de travail «opérationnelle», des capacités cognitives non perturbées et d'avoir conscience de son corps. Ce n'est donc pas accessible à tous les patients.

Il est important de comprendre qu'il s'agit d'une technique qui se veut complémentaire de la rééducation classique et non pas alternative.

3. LES DIFFÉRENTES ÉTUDES : PROTOCOLES ET RÉSULTATS

3.1. Méthodologie.

Nous nous sommes intéressés pour ce mémoire sur les différentes études ayant eu comme sujets des parkinsoniens dans l'étude de l'I.M. Le nombre de ces études est assez restreint et les résultats parfois contradictoires. Nous chercherons ici à éclaircir ces différents résultats selon les critères d'études.

Les recherches ont été faites selon différents mots-clés.

D'abord en français : imagerie motrice, représentation mentale du mouvement, mouvement imaginé, simulation mentale du mouvement.

Puis en anglais : Motor imagery, mental rehearsal of movement, mental practice, imagined movement, neural simulation, mental representations of movement.

Ces termes ont finalement été systématiquement associés au mot «Parkinson» pour coller au plus près du sujet et restreindre le nombre de documents trouvés. Certains de ces termes ont finalement été abandonnés car les résultats étaient soit inexistantes soit hors sujet (neural simulation, mental rehearsal of movement).

Les recherches d'articles ont été faites en ligne sur les sites de Réédoc et de la HAS, ainsi que sur ceux des revues em-consult, kinedoc, ks-mag, et kineactu, et les moteurs de recherche Pubmed, Pedro, et Google Scholar pour trouver les références des articles concernant notre sujet et certains articles complets. D'autres articles complets ont été trouvés à la bibliothèque universitaire de médecine de Nancy ou à Réédoc. Nous avons ensuite cherché d'autres articles dans les bibliographies des articles.

Nous avons choisi d'imposer une limite chronologique de vingt ans pour la publication des articles étant donné qu'il s'agit d'un sujet dont le nombre d'articles est plutôt réduit.

3.2. Les personnes atteintes de la maladie de Parkinson ont-elles la capacité d'imaginer ?

La première question à se poser avant d'envisager un intérêt à la rééducation par l'I.M. chez les parkinsoniens est de savoir s'ils en sont capables.

Plusieurs études se sont d'abord penchées sur la capacité à imaginer des parkinsoniens, les critères d'inclusion communs à toutes ces études sont un stade de Hoehn et Yahr compris entre 1 et 3, soit un stade débutant ou modéré de développement de la maladie, un niveau intellectuel correct selon le MMSE (Mini-Mental-State Examination) (Annexe VI) et une non-démence des patients participant à l'étude.

Selon un article assez ancien de Jean Decety, les zones cérébrales qui permettent le contrôle interne nécessaire pour l'apprentissage de séquences motrices sont lésées chez les parkinsoniens [48]. En effet, nous savons que le cortex frontal, les noyaux gris centraux et le thalamus sont impliqués dans l'I.M. et dans l'exécution motrice, or ce sont des zones qui ne fonctionnent pas normalement chez les parkinsoniens.

En 1995, une étude avance que lors de séquences répétitives d'I.M., les parkinsoniens n'ont pas plus de mal que les sujets sains à se représenter l'action, ils sont juste plus lents [61]. Par contre lors de séquences non répétitives ou de test de rotation de mains, le nombre d'erreurs et les difficultés à imaginer sont significativement augmentés.

Une autre étude a cherché à comparer l'I.M. chez les patients atteints de la maladie de Huntington et ceux atteints de la maladie de Parkinson, s'agissant de deux pathologies qui touchent les noyaux gris centraux. Les tests réalisés sur les patients pour évaluer leur capacité à imaginer montrent que les parkinsoniens ont beaucoup de difficultés à imaginer. En effet lors des tests d'imagerie, une grande partie des sujets parkinsoniens ont échoué à un ou plusieurs tests car ils étaient incapables de réaliser correctement la tâche imaginée demandée,

tandis qu'un seul patient atteint de la maladie de Huntington a été mis en échec sur certains tests. Cette étude concernant les parkinsoniens conclut qu'ils sont capables de créer une représentation mentale d'une tâche mais il leur est difficile de la maintenir et de la manipuler mentalement [62].

Plus récemment, Amick a utilisé un test de rotation de mains (Annexe VII) pour évaluer la capacité à imaginer des parkinsoniens. Ils ont fait cette évaluation sur des hémiparkinsoniens, en fonction du côté atteint. Les résultats montrent que seuls les hémiparkinsoniens droits ont des difficultés lors de la rotation des deux mains (le cortex moteur gauche a un rôle prédominant sur les rotations des mains), les hémiparkinsoniens gauches ne font pas plus d'erreurs que le groupe contrôle [63].

L'étude la plus récente ayant pour but d'évaluer si les parkinsoniens sont aptes à imaginer a été réalisée en 2011. Les résultats ne montrent pas de dégradation de la qualité de l'image mais une diminution de la vitesse d'exécution autant que de la vitesse d'imagination [64].

Conclure sur la capacité des parkinsoniens à imaginer n'est pas facile. Les études sont contradictoires, et aucune n'utilise le même protocole d'étude, elles sont donc difficiles à comparer. Il semble tout de même que les stades débutants de Parkinson peuvent imaginer, et que cette capacité décroît parallèlement à l'évolution de la maladie.

Une étude conclut que les difficultés que rencontrent les parkinsoniens peuvent être relatives à un manque de capacités attentionnelles [62].

3.3. Caractéristiques de l'imagerie motrice chez les parkinsoniens.

Lorsqu'il s'agit de différencier les effets de l'I.M. entre sujets sains et parkinsoniens, la majorité des études sont en adéquation, à quelques différences près.

Seul Annett en 1995 cite deux études ayant trouvé une dissociation entre les difficultés retrouvées lors de l'exécution motrice et lors de l'I.M., ces études ont montré que certaines tâches laborieuses à réaliser en vrai seraient plus simples en imagerie [65].

Néanmoins toutes les autres études trouvées remarquent au contraire que les difficultés trouvées lors de l'exécution motrice sont identiques lors de l'I.M., notamment en termes de temps d'exécution de la tâche. Les techniques de comparaison diffèrent selon les études.

3.3.1. Chronométrie.

Lors d'une tâche qui consiste en plusieurs séries de mouvements du doigt, dans trois conditions expérimentales : visuel, non-visuel et imaginé, un ralentissement du mouvement bilatéral et plus poussé à droite est retrouvé. Cette étude est effectuée sur des parkinsoniens ayant des symptômes à droite [61].

Les épreuves de rotation de mains et de lettres (ou d'objets) sont utilisées dans plusieurs études [61, 63, 66, 67]. La reconnaissance d'une rotation de main est considérée comme une tâche d'imagerie motrice (I.M.), tandis que la rotation de lettres ou d'objets est considérée comme une tâche d'imagerie mentale. Les résultats sont constants pour les mains, où nous retrouvons un ralentissement lorsque les mains sont présentées dans une orientation qui n'est pas médiane. Néanmoins, une étude montre ce ralentissement uniquement chez les parkinsoniens gauches en comparaison avec les parkinsoniens droits, tandis que l'autre est effectuée uniquement sur des parkinsoniens droits et montre elle aussi des ralentissements (Annexe VIII) [61, 63].

Mais les résultats sont variables dans la rotation de lettres ou d'objets où certaines études retrouvent un ralentissement [61, 66] tandis que d'autres ne voient pas de différence de temps avec le groupe contrôle [63].

Deux études ont cherché à savoir s'il y avait une corrélation entre le stade de développement de la maladie et les difficultés à imaginer. Les deux résultats ont encore une fois des résultats différents : Amick ne retrouve pas de corrélation, tandis que Heremans en retrouve une [63, 64].

3.3.2. Activation des aires cérébrales.

Un certain nombre d'études a comparé, à l'aide d'imagerie médicale telle que le PETscan ou l'EEG, les zones cérébrales excitées lors de l'I.M., et lors d'un mouvement réel, et ce, chez le parkinsonien et le sujet sain.

3.3.2.1. Aire motrice primaire, aire motrice supplémentaire et pré-A.M.S.

Au niveau de l'aire motrice primaire, une étude par TMS (Transcranial Magnetic Stimulation) montre une diminution d'activité dans l'hémisphère affecté lors de l'I.M. chez le parkinsonien [68].

L'activation de l'A.M.S. en phase «on» et «off» semble normale lors du mouvement imaginé, l'état dopaminergique n'influerait que très peu sur l'A.M.S [69]. Néanmoins une autre étude retrouve un manque d'activation de l'A.M.S. lors d'un mouvement imaginé de la main gauche [70]. Il a été montré que l'activation de l'A.M.S. lors du mouvement réel est diminuée chez les parkinsoniens et il semblerait alors logique que lors de l'I.M., elle soit aussi déficiente. Néanmoins certaines recherches ont permis de séparer en plusieurs zones l'A.M.S. et de conclure que la pré-A.M.S. serait plus lésée que l'A.M.S. proprement dite chez les parkinsoniens ce qui expliquerait les précédents résultats.

Chez les parkinsoniens moyens ou avancés, une étude montre un procédé de

préparation motrice, impliquant l'A.M.S., réduit en amplitude et anormalement prolongé dans la phase qui devrait être l'exécution motrice [71].

De plus un déficit de la pré-A.M.S. est observé, notamment lorsque le patient doit choisir la tâche à effectuer, ou quand la démarrer [72].

3.3.2.2. Autres zones

Le cortex préfrontal dorsolatéral et certaines régions du cortex frontal médial sont sous-activés chez les patients lors du mouvement réel et du mouvement imaginé [73]. Ces aires sont impliquées dans les boucles neuronales qui s'occupent des programmes moteurs et de l'I.M., ce qui explique le ralentissement lors du mouvement réel et du mouvement imaginé chez le parkinsonien.

Lors d'un mouvement imaginé concernant le côté le plus affecté par la maladie de Parkinson, une activation associée de l'aire extrastriatale droite et du cortex occipito-pariétal est visible.

Toutefois, l'activité cérébrale est affectée dans les mouvements imaginés des deux mains, quel que soit le côté affecté [70].

3.3.2.3. Zones compensatoires

Plusieurs auteurs mettent en évidence l'existence de zones compensatoires chez les parkinsoniens. Certaines zones ont une activité plus importante chez les parkinsoniens que chez les sujets sains pour leur permettre de réaliser la tâche demandée (qu'elle soit réelle ou imaginée). Une étude sur ces «compensations» cérébrales permet de remarquer une augmentation d'activité des aires visuelles lors de l'I.M. Cela expliquerait l'intérêt des appuis

visuels chez les parkinsoniens et pourrait justifier l'intérêt de réaliser l'I.M. yeux ouverts avec des aides visuelles. Cette étude montre aussi que l'activation des zones de compensation dépend de la difficulté de la tâche demandée. Plus la tâche est difficile à réaliser, plus les zones compensatoires s'activent [74].

Les aides visuelles ont été utilisées dans une étude d'I.M. pour évaluer leurs effets sur les symptômes [75]. Les résultats montrent une réduction de la bradykinésie et une augmentation de la qualité de l'image.

3.4. L'entraînement à l'imagerie motrice a-t-il un effet positif ?

Seules trois études ont cherché à connaître les effets d'un entraînement par I.M. : une à court terme et deux à long terme.

A très court terme, la première étude cherche les effets de l'I.M. sur une tâche de graphisme chez des parkinsoniens et des huntingtoniens après un entraînement de dix minutes. Les effets contrôlés sont positifs sur des idéogrammes de petite taille mais il n'y a pas de progression par l'I.M. sur les idéogrammes de grande taille (Annexe IX) [62].

La seconde étude se fait sur 12 semaines, à raison d'une heure d'entraînement deux fois par semaine. Elle compare deux groupes de personnes atteintes de Parkinson, l'un des groupes, lors de ses séances, effectue un entraînement physique classique et l'autre effectue une combinaison d'entraînement physique et d'I.M. L'évaluation se fait sur le temps requis pour accomplir une tâche, les performances d'équilibre, l'UPDRS et les habiletés cognitives. Au bout de 12 semaines, les auteurs constatent une diminution significative de la bradykinésie chez le groupe ayant imaginé par rapport au groupe qui n'a reçu qu'un entraînement physique (fig. 3) [76].

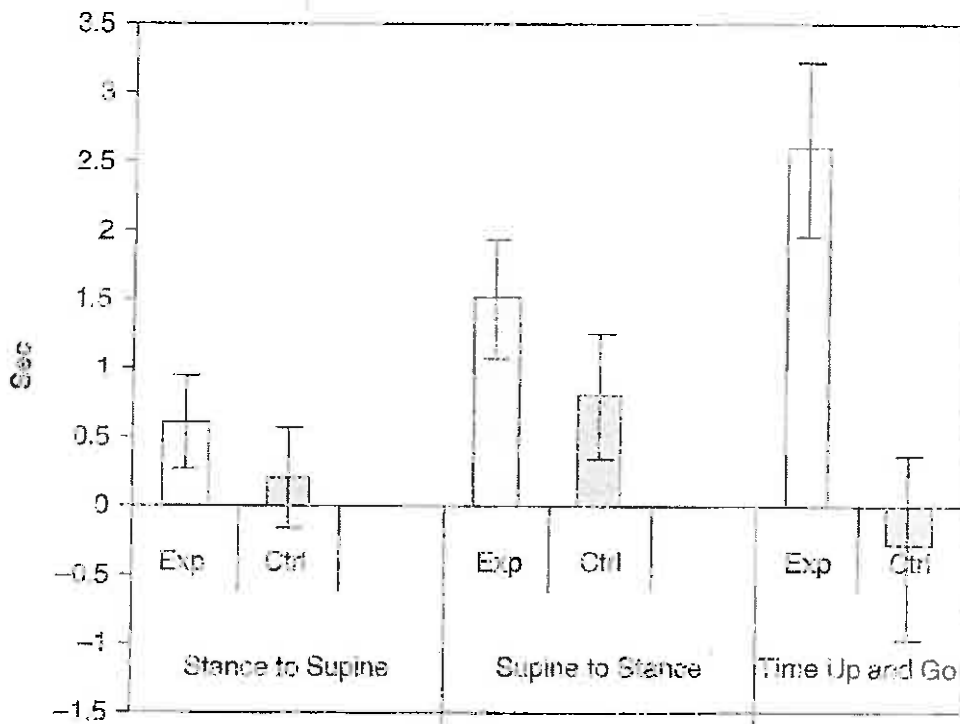


Figure 3 : Temps d'exécution de trois séquences de mouvements fonctionnels, avant et après un entraînement combinant pratique physique et I.M. de 12 semaines [76].

La dernière étude cherche à comparer les effets d'une rééducation par relaxation à ceux d'une rééducation par I.M. Les patients sont entraînés pendant 6 semaines avec une rééducation classique complétée soit par de la relaxation, soit par de l'I.M. L'évaluation se fait sur les capacités de marche de 47 patients au bout de 6 semaines puis de trois mois. Les résultats ne montrent aucune efficacité supérieure de l'I.M. comparée à la relaxation [77].

Toutefois, cette dernière étude a été faite sur tous les stades de Parkinson, tandis que les deux précédentes se sont limitées au trois premiers stades de Hoehn et Yahr. Les auteurs ont néanmoins isolé un groupe de patients ayant un stade de Hoehn et Yahr inférieur à trois et remarqué une possible amélioration avec l'I.M. par rapport à la relaxation, mais les données ne sont pas statistiquement significatives.

Les deux études à long terme ont utilisé un test commun : le timed up and go test. Dans l'étude de comparaison à la relaxation nous ne retrouvons pas de différence significative entre les groupes, par contre dans celle qui compare la rééducation classique à la combinaison d'activité physique et d'I.M., nous observons une nette amélioration des performances du groupe expérimental par rapport au groupe contrôle.

Les conditions expérimentales peuvent expliquer cette différence suite au protocole différent proposé, à un nombre de patients différent, à des exercices d'entraînement variés selon les études et même, dans le cadre de l'étude de Braun, entre les patients eux-mêmes puisque ceux-ci continuent à suivre l'entraînement physique qu'ils font habituellement. Il n'y a pas de protocole commun d'entraînement pour tous les patients, seule la partie relaxation ou I.M. est identique.

3.5. Effet du traitement par stimulation subthalamique sur l'imagerie motrice.

Thobois, en 2002, a mené des recherches pour évaluer l'effet de stimulations subthalamiques sur le mouvement imaginé chez le parkinsonien sévère. Les résultats tendent à montrer une certaine efficacité quant à la préparation motrice et à la prise de décision. Ces effets sont retrouvés à la fois lors du mouvement réel et lors du mouvement imaginé. Il semble aussi que les circuits compensatoires retrouvés chez les parkinsoniens sont moins recrutés lorsque ce traitement est administré [78].

3.6. Autres études réalisées grâce à l'imagerie motrice sur la maladie de Parkinson.

Deux études ont cherché à savoir si les parkinsoniens étaient en difficulté au niveau de la perception de l'espace.

La première a comparé les performances de sujets parkinsoniens lors d'une épreuve de rotation d'objets en 2D puis en 3D. Elle a conclu à un déficit visuo-spatial reflétant des problèmes de perception de l'espace extracorporel puisque le nombre d'erreurs est augmenté lors des images en 3D [66].

La seconde étude a comparé deux groupes de parkinsoniens, l'un présentant un phénomène de freezing, l'autre non. Il est montré que les parkinsoniens présentant un freezing présentent une divergence entre le temps de passage réel d'une porte et le temps imaginé pour le faire. Le freezing ne serait donc pas dû à un souci de perception de l'espace, mais plutôt au fait que le patient ne réalise pas à quel point il ralentit lors du passage réel d'une porte [11].

Enfin une étude récente a cherché à savoir, grâce à l'I.M., si l'organisation fonctionnelle du mouvement varie en fonction de la présence ou non de tremblements. Cela a permis de voir que les zones cérébrales sont différemment activées entre les parkinsoniens présentant ou non des tremblements de repos [79].

4. DISCUSSION

Cette étude a pour but de récapituler les informations connues sur l'utilisation de l'I.M. chez les parkinsoniens, et de chercher à mettre en évidence un intérêt ou au contraire une absence d'intérêt à son utilisation dans le cadre de la rééducation des patients atteints de cette pathologie.

L'I.M. s'est beaucoup développée ces trente dernières années et le nombre d'études sur le sujet le montre. Néanmoins nos recherches ont permis de mettre en évidence un nombre d'études encore peu élevé à propos de l'I.M. dans le cadre de la maladie de Parkinson, notamment en ce qui concerne son intérêt dans la rééducation.

La majorité des études spécifiques sur l'I.M. chez les parkinsoniens a été réalisée à

l'aide d'imagerie médicale pour observer les effets de l'I.M. sur les différentes aires cérébrales de manière à savoir celles qui s'activaient normalement ou anormalement chez les patients. Par contre les études sur un entraînement à long terme sont très rares alors qu'il a été montré, chez des sujets sains, que l'I.M. nécessite un certain temps d'adaptation pour atteindre une aire plus grande au niveau cérébral [42].

De plus toutes les études sur le sujet, qu'il s'agisse de montrer les différentes aires cérébrales ou l'intérêt d'un entraînement à long terme, sont réalisées sur un faible nombre de patients, parfois même sur un groupe de 6 sujets parkinsoniens [69], ce qui ne permet pas toujours d'avoir une vision globale des effets et des statistiques représentatives. L'étude ayant le plus grand effectif compte 57 patients répartis en trois groupes (19 sujets sains, 18 parkinsoniens avec tremblements, 20 parkinsoniens sans tremblements). Les études ayant étudié l'entraînement par l'I.M. comptent entre 23 et 47 sujets. Ce nombre reste plutôt faible.

Les études ont aussi toutes des protocoles d'étude différents, avec un but de recherche différent et souvent peu, voire pas, de point commun, ce qui ne permet pas de comparer avec certitude deux études.

Cela explique peut-être pourquoi les recherches sur le sujet sont contradictoires entre elles sur de nombreux points. En effet, s'il est très difficile de comparer les études entre elles par rapport au protocole utilisé, certains résultats sont par contre comparables, comme la capacité ou non à imaginer, où finalement aucune réponse fiable n'est donnée puisque plusieurs études donnent des résultats contradictoires.

Les troubles cognitifs liés à la maladie de Parkinson provoquent un ralentissement général, tant au niveau de la pensée qu'au niveau du mouvement. Ils sont toutefois discrets en début d'évolution et s'aggravent avec le temps. Il semble vraisemblable que la capacité à imaginer des parkinsoniens suive le même chemin ; les parkinsoniens à un stade débutant ou modéré ont cette capacité mais elle décroît avec l'évolution des symptômes. Les difficultés

des parkinsoniens à imaginer correctement peuvent aussi être dues à un déficit attentionnel, or il semblerait que ce déficit soit progressif et donc essentiellement présent dans les stades avancés, après plusieurs années de développement de la maladie. Il serait intéressant de savoir jusqu'à quand l'attention disponible est suffisante pour utiliser cette technique. De plus, le traitement par stimulations subthalamiques sur des atteintes sévères a montré un effet concluant qui permettrait peut-être de prolonger la durée de la capacité à imaginer [78].

Il est aussi question, dans plusieurs des études que nous avons étudiées, des zones compensatoires des parkinsoniens lors de l'I.M. Leur existence est-elle une bonne chose ? Il semblerait que ces zones compensatoires permettent de faciliter la réalisation de certaines tâches, notamment en augmentant l'impact de la vue sur ces tâches, ce qui explique l'intérêt des aides visuelles utilisées classiquement en rééducation. Il serait intéressant de savoir s'il convient de privilégier ces zones compensatoires en favorisant les aides visuelles (en gardant les yeux ouverts lors de l'I.M.), ou si au contraire, il est souhaitable de chercher à les utiliser le plus tard possible pour se laisser une marge de manœuvre plus importante puisque la maladie de Parkinson est une maladie dégénérative. Bien que facilitant la réalisation des mouvements, les aides visuelles (lors du mouvement réel et lors de l'I.M.) n'accéléraient-elles pas l'apparition et l'augmentation de la dépendance du patient ?

Pour répondre à cette question, il faut prendre en compte le stade de développement de la pathologie. La plupart des études répertoriées ont inclus uniquement des patients à un stade débutant ou intermédiaire ; les stades sévères ont souvent été exclus ou mis à part dans les statistiques pour les rendre plus représentatives. Or, lors de la rééducation classique, les aides visuelles sont privilégiées lorsque les conséquences de la maladie deviennent importantes et réduisent la sécurité du patient, notamment à son domicile. Faut-il pour l'imagerie motrice aussi, privilégier les aides visuelles pour les stades plus poussés ?

Il semble important de préciser une nouvelle fois que l'I.M. ne constitue pas à elle

seule une rééducation à part entière mais, qu'en l'intégrant dans une rééducation classique, elle pourrait améliorer la qualité de vie des patients et peut-être retarder l'aggravation des symptômes, bien que pour l'instant aucune étude ne puisse le prouver.

Les effets à court terme d'un entraînement à l'I.M. de quelques semaines sont encore incertains pour des raisons d'effectifs trop réduits et de résultats différents en fonction des protocoles ; les effets à long terme sont, quant à eux, complètement inconnus et n'ont pas été étudiés. Dans l'étude où les tests ont été réalisés le plus longtemps après la fin de l'entraînement, ils l'ont été trois mois après, alors que la durée d'entraînement n'a été que de six semaines. Les résultats ne montrent pas d'efficacité à l'I.M. comparée à la relaxation ni à 6 semaines, ni à trois mois [77].

Selon certains résultats, l'I.M. a peut-être des effets pour réduire certains symptômes [76] mais elle pourrait aussi être efficace pour retarder leur apparition, en traitement préventif. Serait-il intéressant de l'utiliser dès le diagnostic pour retarder l'apparition des symptômes caractéristiques de la maladie de Parkinson ?

Les difficultés de l'utilisation de l'I.M. en rééducation du parkinsonien reposent sur plusieurs critères. Tout d'abord il faut que le patient s'implique dans une technique qui ne permet pas de visualiser les efforts produits. Il faut trouver le moyen de motiver le patient ; il pourrait être intéressant de pratiquer cette technique en groupe pour permettre l'échange et la comparaison des sensations entre les patients.

Il faut aussi adapter le type d'imagerie au patient. Dans son protocole, Tamir utilise les deux types de perspectives (interne et externe) [76] ; or il a été montré chez des sujets sains qu'à partir d'un certain âge la perspective interne devient compliquée à appliquer [56]. Il n'y a pas de raison pour qu'il n'en soit pas de même chez les parkinsoniens. Sachant qu'il s'agit d'une pathologie qui touche 2% des plus de 65 ans, ceux-ci risquent d'être mis en échec par une visualisation en perspective interne qu'ils ne parviendraient pas à maîtriser. Pour les sujets

plus jeunes, il peut être intéressant d'essayer les deux perspectives puisqu'il semble tout de même que l'imagerie interne soit plus efficace [58].

Pour le kinésithérapeute, il est nécessaire d'avoir un moyen d'évaluer l'utilisation de l'I.M. par le patient. Plusieurs échelles existent, bien qu'aucune ne soit spécifique à la maladie de Parkinson ; l'échelle KVIQ développée en 2007 par Malouin semble adaptée [60]. L'imagerie doit être évaluée mais à quel moment et à quelle fréquence ? Pour savoir si le patient parvient à imaginer, il est important de réaliser une première évaluation au tout début de l'utilisation de la technique. Même chez les sujets sains, il arrive que certaines personnes soient incapables d'imaginer. Dans ce cas la technique est inutile et inefficace.

Pour la suite de la rééducation, la capacité à imaginer doit être évaluée à plusieurs reprises mais peu souvent puisqu'elle décroît en même temps que la pathologie évolue et que la maladie de Parkinson a un développement lent. Par contre, ce sont ses effets qui doivent être régulièrement mesurés, notamment grâce à la grille UPDRS, spécifique à la maladie de Parkinson. Cette évaluation mesure à la fois les progrès dus à la pratique physique et à la pratique de l'I.M. Il est impossible de les mesurer séparément et cela n'a pas d'intérêt puisqu'il s'agit d'une technique complémentaire de la rééducation classique. De plus, le but de l'I.M. est d'améliorer le mouvement réel, notamment dans les activités de la vie quotidienne.

5. CONCLUSION

L'I.M. est déjà utilisée en rééducation dans certains domaines mais est encore peu connue dans la maladie de Parkinson. En effet, la recherche n'a pas permis de prouver avec certitude l'efficacité de cette technique dans ce domaine.

Les études, bien que peu nombreuses, ont mis en évidence des résultats plutôt contradictoires. Il semble néanmoins clair que la capacité à imaginer des parkinsoniens

décroit avec l'évolution de la pathologie, mais qu'elle reste possible notamment dans les cas débutants ou modérés.

Dans le cadre de la rééducation il est difficile de conclure à une efficacité puisque le nombre d'études est très faible. Les résultats d'une de ces quelques études permettent de montrer une efficacité sur la bradykinésie, mais une autre ne montre pas de différence significative entre une rééducation classique complétée par de la relaxation et une rééducation classique complétée par de l'I.M.

Ce domaine nécessite donc encore de nouvelles recherches dans le cadre de la rééducation pour pouvoir mettre en évidence certains bénéfices.

Néanmoins cette technique ayant fait ses preuves dans d'autres domaines, il semble vraisemblable qu'elle ait une place dans la rééducation de la maladie de Parkinson, au titre de technique complémentaire à la rééducation classique, mais en aucun cas comme technique alternative.

Pour utiliser l'I.M. dans la rééducation des patients atteints de la maladie de Parkinson il serait intéressant de proposer un protocole intégrant cette technique, en précisant les modalités d'application, notamment à quelle période l'utiliser dans le stade de développement de la maladie mais aussi à quel moment au cours de la séance (avant ou après l'entraînement physique), sur quel type de tâche, à quelle fréquence, pendant combien de temps.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Réseau Parkinson Sud - Est : <http://www.reseauparkinson-sudest.org>
- [2] VON CAMPENHAUSEN S., BORNSCHEIN B., WICK R., BÖTZEL K., SAMPAIO C., POEWE W., OERTEL W., SIEBERT U., BERGER K., DODEL R. *Prevalence and incidence of Parkinson's disease in Europe*. Eur Neuropsychopharmacol, 2005, 15, 473 – 490
- [3] NIEWBOER A., DE WEERDT W., DOM R., TRUYEN M., JANSSENS L., KAMSMA Y. *The effect of a home physiotherapy program for persons with Parkinson's disease*. J Rehabil Med, 2001, 33, 266 – 272
- [4] MARSDEN C.D. *The mysterious motor function of the basal ganglia : The Robert Wartenberg Lecture*. Neurology, 1982, 32 (5), 514 – 539
- [5] PERON-MAGNAN T. *Intérêt de la kinésithérapie pour le patient atteint de la maladie de Parkinson*. Kiné scientifique, 2009, 500, 52 – 54
- [6] RICHARD D, ORSAL D. *Neurophysiologie. Tome 2. Motricité et grandes fonctions du système nerveux central*. Paris : Nathan, 1994. 256 p. ISBN 209-190835-5
- [7] CUNNINGTON R., IANSEK R., BRADSHAW J.L., PHILLIPS J.G. *Movement-related potentials associated with movement preparation and motor imagery*. Experimental Brain Research, 1996, Vol. 111, No 3, 429 – 436

[8] VIBERT J.F., SEBILLE A., LAVALLARD-ROUSSEAU M.C., BOUREAU F. *Neurophysiologie. De la physiologie à l'exploration fonctionnelle*. Paris : Elsevier, 2005. 219 p. ISBN 2-84299-688-7

[9] DEFEBVRE L., VERIN M *La maladie de Parkinson. Monographie de neurologie*. Paris : Masson, 2007. 220 p. ISBN 978-2-294-02015-5

[10] MORRIS M.E., IANSEK R., MATYAS T.A., SUMMERS J.J. *Stride length regulation in Parkinson's disease. Normalization strategies and underlying mechanisms*. *Brain*, 1996, 119, 551 – 568

[11] COHEN R.G., CHAO A., NUTT J.G., HORAK F.B. *Freezing of gait is associated with a mismatch between motor imagery and motor execution in narrow doorways, not with failure to judge doorway passability*. *Neuropsychologia*, 2011, 49, 3981 – 3988

[12] MALAPINI C., PILLON B., DUBOIS B. et coll. *Impaired simultaneous cognitive task performance in Parkinson's disease : a dopamine-related dysfunction*. *Neurology*, 1994, 44, 319 - 326

[13] DEANE K.H., ELLIS-HILL C., JONES D., WHURR R., BEN-SHLOMO Y., PLAYFORD E.D., CLARKE C.E. *Systematic review of paramedical therapies for Parkinson's disease*. *Mov Disord*, 2002, 17, 984 – 991

- [14] TILLERSON J.L., CAUDLE W.M., REVERON M.E., MILLER G.W. *Exercise induces behavioral recovery and attenuates neurochemical deficits in rodent models of Parkinson's disease*. Neuroscience, 2003, 119, 899 – 911
- [15] CANNING C.G., SHERRINGTON C., LORD S.R., FUNG V.S., CLOSE J.C., LATT M.D., HOWARD K., ALLEN N.E., O'ROURKE S.D., MURRAY S.M. *Exercise therapy for prevention of falls in people with Parkinson's disease : a protocol for a randomized controlled trial and economic evaluation*. BMC Neurol, 2009, 9, 4
- [16] ROCHI L., CHIARI L., HORAK F.B. *Effects of deep brain stimulation and levodopa on postural sway in Parkinson's disease*. J Neurol Neurosurg Psychiatry, 2002, 73, 267 - 274
- [17] ARMAND S., LANDIS T., SZTAJZEL R., BURKHARD P.R. *Dyskinesia-induced postural instability in Parkinson's disease*. Parkinsonism Relat Disord, 2009, 15, 359 - 364
- [18] HIRSCH M.A., TOOLE T., MAITLAND C.G., RIDER R.A. *The effects of balance training and high-intensity resistance training on persons with idiopathic Parkinson's disease*. Arch Phys Med Rehabil, 2003, 84, 109 - 117
- [19] DIBBLE L.E., HALE T.F., MARCUS R.L., DROGE J., GERBER J.P., LASTAYO P.C. *High-intensity resistance training amplifies muscle hypertrophy and functional gains in persons with Parkinson's disease*. Mov Disord, 2006, 21, 1444 - 1452

- [20] DIBBLE L.E., HALE T.F., MARCUS R.L., GERBER J.P., LASTAYO P.C. *High-intensity eccentric resistance training decreases bradykinesia and improves quality of life in persons with Parkinson's disease : a preliminary study.* Parkinsonism Relat Disord, 2009, 15, 752 - 757
- [21] MORRIS M.E., IANSEK R., KIRKWOOD B. *A randomized controlled trial of movement strategies compared with exercise for people with Parkinson's disease.* Mov Disord, 2009, 24, 64 - 71
- [22] REUTER I., HARDER S., ENGELHARDT M., BAAS H. *The effect of exercise on pharmacokinetics and pharmacodynamics of levodopa.* Mov Disord, 2000, 15, 862 - 868
- [23] MULLER V., MOHR B., ROSIN R., PULVERMULLER F., MULLER F., BIRBAUMER N. *Short-term effects of behavioral treatment on movement initiation and postural control in Parkinson's disease : a controlled clinical study.* Mov Disord, 1997, 12, 306 - 314
- [24] SCHENKMAN M., CUTSON T.M., KUCHIBHATLA M., CHANDLER J., PIEPER C.F., RAY L., LAUB K.C. *Exercise to improve spinal flexibility and function for people with Parkinson's disease : a randomized, controlled trial.* J Am Geriatr Soc, 1998, 46, 1207 - 1216
- [25] VILIANI T., PASQUETTI P., MAGNOLFI S., LUNARDELLI M.L., GIORGI C., SERRA P., TAITI P.G. *Effects of physical training on straightening-up processes in patients with Parkinson's disease.* Disabil Rehabil, 1999, 21, 68 - 73

- [26] BEHRMAN A.L., CAURAUGH J.H., LIGHT K.E. *Practice as an intervention to improve speeded motor performance and motor learning in Parkinson's disease.* J Neurol Sci, 2000, 174, 127 - 136
- [27] SOLIVERI P., BROWN R.G., JAHANSHAHI M., MARSDEN C.D. *Effect of practice on performance of a skilled motor task in patients with Parkinson's disease.* J Neurol Neurosurg Psychiatry, 1992, 55, 454 - 460
- [28] PLATZ T., BROWN R.G., MARSDEN C.D. *Training improves the speed of aimed movements in Parkinson's disease.* Brain, 1998, 121, 505 – 514
- [29] GRACIES J.M. *Neuroréducation des syndromes parkinsoniens.* Revue neurologique, 2010, 166, 196 – 212
- [30] WHITE A., HARDY L. *An in-depth analysis of uses of imagery by high level slalom canoeist and artistic gymnast.* The Sport Psychologist, 1998, 12, 387 – 403
- [31] JACKSON P.L., LAFLEUR M.F., MALOUIN F., RICHARDS C., DOYON J. *Potential role of mental practice using motor imagery in neurologic rehabilitation.* Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 2001, Vol. 82, Issue 8, 1133 – 1141
- [32] DELIRE R., *Imagerie et observation motrice,* Formation, 2008

- [33] JEANNEROD M., *The representing brain : Neural correlates of motor intention and imagery*. Behavioral and Brain sciences, 1994, Vol. 17, Issue 2, 187 - 202
- [34] MALOUIN F., BELLEVILLE S., RICHARDS C.L., DESROSIERS J., DOYON J. *Working Memory and Mental Practice Outcomes After Stroke*. Arch Phys Med Rehabil, 2004, 85, 177 – 183
- [35] YAVUZER G., SELLES R., SEZER N., SÜTBEYA S., BUSSMANN J.B., LU F.K., ATAY M.B., STAM H.J. *Mirror therapy improves hand function in subacute stroke : a randomized controlled trial*. Arch Phys Med Rehabil, 2008, Vol 89, 393 - 398
- [36] DOHLE C., PHIL M., PÜLLEN J., NAKATEN A., KÜSTE J., RIETZ C., KARBE H. *Mirror Therapy Promotes Recovery From Severe Hemiparesis: A Randomized Controlled Trial*. Neurorehabilitation and Neural Repair, 2008, 1 - 9
- [37] STEFAN K., FINK G.R., PASSINGHAM R., SIBEBERWEIG A.O., CEBALLOS-BAUMANN A.O., FRITH C., FRACKOWIAK R.S.J. *Functional anatomy of the mental representation of upper extremity movements in healthy subjects*. J. Neurophysiol, 1993, 73 , 373 – 386
- [38] DECETY J, PERANI D, JEANNEROD M, BETTINARDI V, TADARY B, WOODS R, MAZZIOTTA JC, FAZIO F. *Mapping motor representations with positron emission tomography*. Nature, 1994, 371, 600 – 602

[39] LANG W, PETIT L, HOLLINGER P, PIETRZYK U, TZOURIO N, MAZOYER B, BERTHOZ A. *A PET study of oculomotor imagery*. NeuroReport, 1994, 5, 921 – 924

[40] GERARDIN E, SIRIGU A, LEHERICY S, POLINE J-B, GAYMARD B, MARSAULT C, AGID Y, Le BIHAN D. *Partially overlapping neural networks for real and imagined hand movements*. Cereb Cortex, 2000, 10, 1093 - 1104

[41] NAITO E, KOCHIYAMA T, KITADA R, NAKAMURA S, MATSUMURA M, YONEKURA Y, SADATO N. *Internally simulated movement sensations during motor imagery activate cortical motor areas and the cerebellum*. J Neurosci, 2002, 22(9), 3683 – 91

[42] PASCUAL-LEONE A., DANG N., COHEN L.G., BRASIL-NETO J.P., CAMMAROTA A., HALLETT M. *Modulation of muscle responses evoked by transcranial magnetic stimulation during the acquisition of new fine motor skills*. JN Physiol, 1995, Vol. 74, No. 3, 1037 - 1045

[43] DECETY J., MICHEL F. *Comparative analysis of actual and mental movement times in two graphic tasks*. Brain and Cognition, 1989, Vol. 11, Issue 1, 87 - 97

[44] SIRIGU A., DUHAMEL J.R., COHEN L., PILLON B., DUBOIS B., AGID Y. *The mental representation of hand movements after parietal cortex damage*. Science, 1996, 273, 1564 – 1568

[45] DECETY J., JEANNEROD M., GERMAIN M., PASTENE J. *Vegetative response during imagined movement is proportional to mental effort. Behavioural Brain Research, 1991, 31, 1 - 5, 31, 1991, Pages 1–5*

[46] GUEUGNEAU N., POZZO T., PAPAXANTHIS C. *La stimulation mentale du mouvement : données expérimentales et implications clinique. Kiné Scientifique, 2007, 475, 29 - 37*

[47] MULDER T., DE VRIES S., ZIJLSTRA S. *Observation, imagination and execution of an effortful movement: more evidence for a central explanation of motor imagery. Experimental Brain Research, 2005, Vol. 163, No 3, 344-351*

[48] DECETY J. *The neurophysiological basis of motor imagery. Behavioral Brain Research, 1996, 77, 45 – 52*

[49] DECETY J, MICK G. *Représentation mentale du mouvement et performance motrice. Approche neuro-cognitive et intérêt pratique. Médecine du sport, 1988, T. 62, No 5, 232 - 239*

[50] FELTZ D.L., LANDERS D.M. *The effects of mental practice on motor skill learning and performance: an article. J Sport Psychol, 1983, 5, 25 – 57*

[51] MOSELEY G.L. *Graded motor imagery for pathologic pain: a randomized controlled trial. Neurology, 2006, 67(12), 2129 – 2134*

- [52] PAGE S.J. *Imagery improves motor function in chronic stroke patients with hemiplegia : a pilot study.* Occup Ther J Res, 2000, 20, 2000 – 2015
- [53] PAGE S.J., LEVINE P., SISTO S., JOHNSTON M.V. *A randomized efficacy and feasibility study of imagery in acute stroke.* Clin Rehabil, 2001, 15, 233 – 240
- [54] DICKSTEIN R., DEUTSCH J.E. *Motor imagery in physical therapist practice.* Physical Therapy, 2007, Vol. 87, No 7, p. 942 – 953
- [55] NEUPER C., SCHERER R., REINER M., PFURTSCHELLER G. *Imagery of motor actions: Differential effects of kinesthetic and visual–motor mode of imagery in single-trial EEG.* Cognitive Brain Research, 2005, 25, 668 – 677
- [56] MULDER T., DE VRIES S. *Motor imagery and stroke rehabilitation: a critical discussion.* J Rehabil Med, 2007, 39, 5 – 13
- [57] Holmes P.S., COLLINS J.C. *The PETTLEP Approach to Motor Imagery: A Functional Equivalence Model for Sport Psychologists.* Journal of Applied Sport Psychology, 2001, Vol. 13, Issue 1, 60 - 83
- [58] FERY Y.A. *Differentiating visual and kinesthetic imagery in mental practice,* Can. J. Exp. Psychol., 2003, 57 (1), 1 – 10

[59] GUILLOT A., COLLET C., NGUYEN V.A., MALOUIN F., RICHARDS C., DOYON J. *Functional neuroanatomical networks associated with expertise in motor imagery.* NeuroImage, 2008, 41, 1471 – 1483

[60] MALOUIN F. RICHARDS C.L., JACKSON P.L., LAFLEUR M.F., 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.* Journal of Neurologic Physical therapy, 2007, Vol. 31, Issue 1, 20 - 29

[61] DOMINEY P, DECETY J, BROUSSELE E, CHAZOT G, JEANNEROD M. *Motor imagery of a lateralized sequential task is asymmetrically slowed in hemi-Parkinson's patients.* Neuropsychologia, 1995, Vol 33, No 6, 727 – 741

[62] YAGUEZ L., CANAVAN A., LANGE H., HOMBERG V. *Motor learning by imagery is differentially affected in Parkinson's and Huntington's disease.* Behavioral Brain Research, 1999, 102, 115 – 127

[63] AMICK M.M., SCHENDAN H.E., GANIS G., CRONIN-GOLOMB A. *Frontostriatal circuits are necessary for visuomotor transformation : Mental rotation in Parkinson's disease.* Neuropsychologia, 2006, 44, 339 – 349

[64] HEREMANS E, FEYS P, NIEWBOER A, VERCRUYSSSE S, VANDENBERGHE W, SHARMA N, HELSEN W. *Motor imagery ability in patients with early and mid-stage Parkinson's disease.* Neurorehabilitation and neural repair, 2011, 25 (2), 168 - 177

- [65] ANNETT J. *Motor imagery, perception or action*. *Neuropsychologia*, 1995, Vol. 33, No 11, 1395 – 1417
- [66] LEE A.C., HARRIS J.P., CALVERT J.E. *Impairment of mental rotation in Parkinson's disease*. *Neuropsychologia*, 1998, Vol. 36, No 1, 109 – 114
- [67] MUNZERT J, LOREY B, ZENTGRAF K. *Cognitive motor processes : The role of motor imagery in the study of motor representations*. *Brain research reviews*, 2009, 60, 306 – 326
- [68] FILIPPI M.M., OLIVERI M., PASQUALETTI P., CICINELLI P., TRAVERSA R., VERNIERI F., PALMIERI M.G., ROSSINI P.M. *Effects of motor imagery on motor cortical output topography in Parkinson's disease*. *Neurology*, 2001, 1 of 2, 55 – 61
- [69] CUNNINGTON R, EGAN G.F, O'SULLIVAN J.D, HUGUES A.J, BRADSHAW J.L, COLEBATCH J.G. *Motor imagery in Parkinson's disease : A PET study*. *Movement disorders*, 2001, Vol. 16, No 5, 849 – 857
- [70] THOBOIS S, DOMINEY P.F, DECETY J, POLLAK P, GREGOIRE M.C, LEBARS D, BROUSSOLE E. *Motor imagery in normal subjects and in asymmetrical Parkinson's disease : A PET study*. *Neurology*, 2000, 55, 996 – 1002
- [71] CUNNINGTON R, IANSEK R, JOHNSON K, BRADSHAW J. *Movement-related potentials in Parkinson's disease : Motor imagery and movement preparation*. *Brain*, 1997, 120, 1339 – 1353

- [72] CATALAN M.J., ISHII K., HONDA M., SAMII A., HALLETT M. *A PET study of sequential finger movements of varying length in patients with Parkinson's disease. Brain* 1999, 122, 483 – 495
- [73] SAMUEL M., CEBALLOS-BAUMANN A.O., BOECKER H., BROOKS D. *Motor imagery in normal subjects and Parkinson's disease patients: an H215O PET study. Neuroreport*, 2001, Vol. 12, Issue 4, 821 - 828
- [74] HELMICH R, DE LANGE F, BLOEM B, TONI I. *Cerebral compensation during motor imagery in Parkinson's disease. Neuropsychologia*, 2007, 45, 2201 - 2215
- [75] HEREMANS E., NIEWBOER A., FEYS P., VERCRUYSSSE S., VANDENBERGHE W., SHARMA N., HELSEN W.F. *External cueing improves motor imagery quality in patients with Parkinson disease. Neurorehabil Neural Repair*, 2012, 26 (1), 27 – 35
- [76] TAMIR R, DICKSTEIN R, HUBERMAN M. *Integration of motor imagery and physical practice in group treatment applied to subjects with Parkinson's disease. Neurorehabilitation and neural repair*, 2007, 21(1), 68 – 75
- [77] BRAUN S., BEURSKENS A., KLEYMEN 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 randomized trial. Journal of Physiotherapy*, 2011, 57, 27 – 34

[78] THOBOIS S, DOMINEY P, FRAIX V, MERTENS P, GUENOT M, ZIMMER L, POLLAK P, BENABID A.L, BROUSOLE E. *Effects of subthalamic nucleus stimulation on actual and imagined movement in Parkinson's disease : A PET study.* J neurol, 2002, 249, 1689 – 1698

[79] HELMICH R.C., BLOEM B.R., TONI I. *Motor imagery evokes increased somatosensory activity in Parkinson's disease patients with tremor.* Human Brain Mapping, 2011, 1 - 17

Littérature grise :

[80] PICCUT S. *L'imagerie motrice et l'observation motrice influent-elles la douleur fantôme chez les amputés des membres inférieurs.* 2010. Mémoire dans le cadre d'une maîtrise en kinésithérapie. Condorcet (Belgique)

ANNEXES

ANNEXE I

UNIFIED PARKINSON'S DISEASE RATING SCALE (UPDRS)

I. MENTATION, BEHAVIOR AND MOOD

1. Intellectual Impairment

0 = None.

1 = Mild. Consistent forgetfulness with partial recollection of events and no other difficulties.

2 = Moderate memory loss, with disorientation and moderate difficulty handling complex problems. Mild but definite impairment of function at home with need of occasional prompting.

3 = Severe memory loss with disorientation for time and often to place.

Severe impairment in handling problems.

4 = Severe memory loss with orientation preserved to person only. Unable to make judgements or solve problems. Requires much help with personal care. Cannot be left alone at all.

2. Thought Disorder (Due to dementia or drug intoxication)

0 = None.

1 = Vivid dreaming.

2 = "Benign" hallucinations with insight retained.

3 = Occasional to frequent hallucinations or delusions; without insight; could interfere with daily activities.

4 = Persistent hallucinations, delusions, or florid psychosis. Not able to care for self.

3. Depression

0 = None.

1 = Periods of sadness or guilt greater than normal, never sustained for days or weeks.

2 = Sustained depression (1 week or more).

3 = Sustained depression with vegetative symptoms (insomnia, anorexia, weight loss, loss of interest).

4 = Sustained depression with vegetative symptoms and suicidal thoughts or intent.

4. Motivation/Initiative

0 = Normal.

1 = Less assertive than usual; more passive.

2 = Loss of initiative or disinterest in elective (nonroutine) activities.

3 = Loss of initiative or disinterest in day to day (routine) activities.

4 = Withdrawn, complete loss of motivation.

II. ACTIVITIES OF DAILY LIVING (for both "on" and "off")

5. Speech

0 = Normal.

1 = Mildly affected. No difficulty being understood.

2 = Moderately affected. Sometimes asked to repeat statements.

3 = Severely affected. Frequently asked to repeat statements.

4 = Unintelligible most of the time.

6. Salivation

0 = Normal.

1 = Slight but definite excess of saliva in mouth; may have nighttime drooling.

2 = Moderately excessive saliva; may have minimal drooling.

3 = Marked excess of saliva with some drooling.

4 = Marked drooling, requires constant tissue or handkerchief.

7. Swallowing

0 = Normal.

1 = Rare choking.

2 = Occasional choking.

3 = Requires soft food.

4 = Requires NG tube or gastrostomy feeding.

8. Handwriting

0 = Normal.

1 = Slightly slow or small.

- 2 = Moderately slow or small; all words are legible.
- 3 = Severely affected; not all words are legible.
- 4 = The majority of words are not legible.

9. Cutting food and handling utensils

- 0 = Normal.
- 1 = Somewhat slow and clumsy, but no help needed.
- 2 = Can cut most foods, although clumsy and slow; some help needed.
- 3 = Food must be cut by someone, but can still feed slowly.
- 4 = Needs to be fed.

10. Dressing

- 0 = Normal.
- 1 = Somewhat slow, but no help needed.
- 2 = Occasional assistance with buttoning, getting arms in sleeves.
- 3 = Considerable help required, but can do some things alone.
- 4 = Helpless.

11. Hygiene

- 0 = Normal.
- 1 = Somewhat slow, but no help needed.
- 2 = Needs help to shower or bathe; or very slow in hygienic care.
- 3 = Requires assistance for washing, brushing teeth, combing hair, going to bathroom.
- 4 = Foley catheter or other mechanical aids.

12. Turning in bed and adjusting bed clothes

- 0 = Normal.
- 1 = Somewhat slow and clumsy, but no help needed.
- 2 = Can turn alone or adjust sheets, but with great difficulty.
- 3 = Can initiate, but not turn or adjust sheets alone.
- 4 = Helpless.

13. Falling (unrelated to freezing)

- 0 = None.
- 1 = Rare falling.
- 2 = Occasionally falls, less than once per day.
- 3 = Falls an average of once daily.
- 4 = Falls more than once daily.

14. Freezing when walking

- 0 = None.
- 1 = Rare freezing when walking; may have start hesitation.
- 2 = Occasional freezing when walking.
- 3 = Frequent freezing. Occasionally falls from freezing.
- 4 = Frequent falls from freezing.

15. Walking

- 0 = Normal.
- 1 = Mild difficulty. May not swing arms or may tend to drag leg.
- 2 = Moderate difficulty, but requires little or no assistance.
- 3 = Severe disturbance of walking, requiring assistance.
- 4 = Cannot walk at all, even with assistance.

16. Tremor (Symptomatic complaint of tremor in any part of body.)

- 0 = Absent.
- 1 = Slight and infrequently present.
- 2 = Moderate; bothersome to patient.
- 3 = Severe; interferes with many activities.
- 4 = Marked; interferes with most activities.

17. Sensory complaints related to parkinsonism

- 0 = None.
- 1 = Occasionally has numbness, tingling, or mild aching.
- 2 = Frequently has numbness, tingling, or aching; not distressing.
- 3 = Frequent painful sensations.
- 4 = Excruciating pain.

III. MOTOR EXAMINATION

18. Speech

- 0 = Normal.
- 1 = Slight loss of expression, diction and/or volume.
- 2 = Monotone, slurred but understandable; moderately impaired.
- 3 = Marked impairment, difficult to understand.
- 4 = Unintelligible.

19. Facial Expression

- 0 = Normal.
- 1 = Minimal hypomimia, could be normal "Poker Face".
- 2 = Slight but definitely abnormal diminution of facial expression.
- 3 = Moderate hypomimia; lips parted some of the time.
- 4 = Masked or fixed facies with severe or complete loss of facial expression; lips parted 1/4 inch or more.

20. Tremor at rest (head, upper and lower extremities)

- 0 = Absent.
- 1 = Slight and infrequently present.
- 2 = Mild in amplitude and persistent. Or moderate in amplitude, but only intermittently present.
- 3 = Moderate in amplitude and present most of the time.
- 4 = Marked in amplitude and present most of the time.

21. Action or Postural Tremor of hands

- 0 = Absent.
- 1 = Slight; present with action.
- 2 = Moderate in amplitude, present with action.
- 3 = Moderate in amplitude with posture holding as well as action.
- 4 = Marked in amplitude; interferes with feeding.

22. Rigidity (Judged on passive movement of major joints with patient relaxed in sitting position. Cogwheeling to be ignored.)

- 0 = Absent.
- 1 = Slight or detectable only when activated by mirror or other movements.
- 2 = Mild to moderate.
- 3 = Marked, but full range of motion easily achieved.
- 4 = Severe, range of motion achieved with difficulty.

23. Finger Taps (Patient taps thumb with index finger in rapid succession.)

- 0 = Normal.
- 1 = Mild slowing and/or reduction in amplitude.
- 2 = Moderately impaired. Definite and early fatiguing. May have occasional arrests in movement.
- 3 = Severely impaired. Frequent hesitation in initiating movements or arrests in ongoing movement.
- 4 = Can barely perform the task.

24. Hand Movements (Patient opens and closes hands in rapid succession.)

- 0 = Normal.
- 1 = Mild slowing and/or reduction in amplitude.
- 2 = Moderately impaired. Definite and early fatiguing. May have occasional arrests in movement.
- 3 = Severely impaired. Frequent hesitation in initiating movements or arrests in ongoing movement.
- 4 = Can barely perform the task.

25. Rapid Alternating Movements of Hands (Pronation-supination movements of hands, vertically and horizontally, with as large an amplitude as possible, both hands simultaneously.)

- 0 = Normal.
- 1 = Mild slowing and/or reduction in amplitude.
- 2 = Moderately impaired. Definite and early fatiguing. May have occasional arrests in movement.
- 3 = Severely impaired. Frequent hesitation in initiating movements or arrests in ongoing movement.
- 4 = Can barely perform the task.

26. Leg Agility (Patient taps heel on the ground in rapid succession picking up entire leg. Amplitude should be at least 3 inches.)

- 0 = Normal.
- 1 = Mild slowing and/or reduction in amplitude.
- 2 = Moderately impaired. Definite and early fatiguing. May have occasional arrests in movement.
- 3 = Severely impaired. Frequent hesitation in initiating movements or arrests in ongoing movement.
- 4 = Can barely perform the task.

27. Arising from Chair

(Patient attempts to rise from a straightbacked chair, with arms folded across chest.)

0 = Normal.

1 = Slow; or may need more than one attempt.

2 = Pushes self up from arms of seat.

3 = Tends to fall back and may have to try more than one time, but can get up without help.

4 = Unable to arise without help.

28. Posture

0 = Normal erect.

1 = Not quite erect, slightly stooped posture; could be normal for older person.

2 = Moderately stooped posture, definitely abnormal; can be slightly leaning to one side.

3 = Severely stooped posture with kyphosis; can be moderately leaning to one side.

4 = Marked flexion with extreme abnormality of posture.

29. Gait

0 = Normal.

1 = Walks slowly, may shuffle with short steps, but no festination (hastening steps) or propulsion.

2 = Walks with difficulty, but requires little or no assistance; may have some festination, short steps, or propulsion.

3 = Severe disturbance of gait, requiring assistance.

4 = Cannot walk at all, even with assistance.

30. Postural Stability (Response to sudden, strong posterior displacement produced by pull on shoulders while patient erect with eyes open and feet slightly apart. Patient is prepared.)

0 = Normal.

1 = Retropulsion, but recovers unaided.

2 = Absence of postural response; would fall if not caught by examiner.

3 = Very unstable, tends to lose balance spontaneously.

4 = Unable to stand without assistance.

31. Body Bradykinesia and Hypokinesia (Combining slowness, hesitancy, decreased armswing, small amplitude, and poverty of movement in general.)

0 = None.

1 = Minimal slowness, giving movement a deliberate character; could be normal for some persons. Possibly reduced amplitude.

2 = Mild degree of slowness and poverty of movement which is definitely abnormal. Alternatively, some reduced amplitude.

3 = Moderate slowness, poverty or small amplitude of movement.

4 = Marked slowness, poverty or small amplitude of movement.

IV. COMPLICATIONS OF THERAPY (In the past week)

A. DYSKINESIAS

32. Duration: What proportion of the waking day are dyskinesias present?

(Historical information.)

0 = None

1 = 1-25% of day.

2 = 26-50% of day.

3 = 51-75% of day.

4 = 76-100% of day.

33. Disability: How disabling are the dyskinesias?

(Historical information; may be modified by office examination.)

0 = Not disabling.

1 = Mildly disabling.

2 = Moderately disabling.

3 = Severely disabling.

4 = Completely disabled.

34. Painful Dyskinesias: How painful are the dyskinesias?

0 = No painful dyskinesias.

1 = Slight.

2 = Moderate.

3 = Severe.

4 = Marked.

35. Presence of Early Morning Dystonia (Historical information.)

0 = No

1 = Yes

B. CLINICAL FLUCTUATIONS

36. Are "off" periods predictable?

0 = No

1 = Yes

37. Are "off" periods unpredictable?

0 = No

1 = Yes

38. Do "off" periods come on suddenly, within a few seconds?

0 = No

1 = Yes

39. What proportion of the waking day is the patient "off" on average?

0 = None

1 = 1-25% of day.

2 = 26-50% of day.

3 = 51-75% of day.

4 = 76-100% of day.

C. OTHER COMPLICATIONS

40. Does the patient have anorexia, nausea, or vomiting?

0 = No

1 = Yes

41. Any sleep disturbances, such as insomnia or hypersomnolence?

0 = No

1 = Yes

42. Does the patient have symptomatic orthostasis?

(Record the patient's blood pressure, height and weight on the scoring form)

0 = No

1 = Yes

ANNEXE II

Stade de Hoehn et Yahr

- Stade 0 : pas de signe de la maladie.
- Stade 1 : maladie unilatérale.
- Stade 1,5 : maladie unilatérale, plus atteinte axiale.
- Stade 2 : maladie bilatérale sans trouble de l'équilibre.
- Stade 2,5 : maladie bilatérale légère avec rétablissement lors du test de la poussée.
- Stade 3 : maladie bilatérale légère à modérée : une certaine instabilité posturale, physiquement autonome.

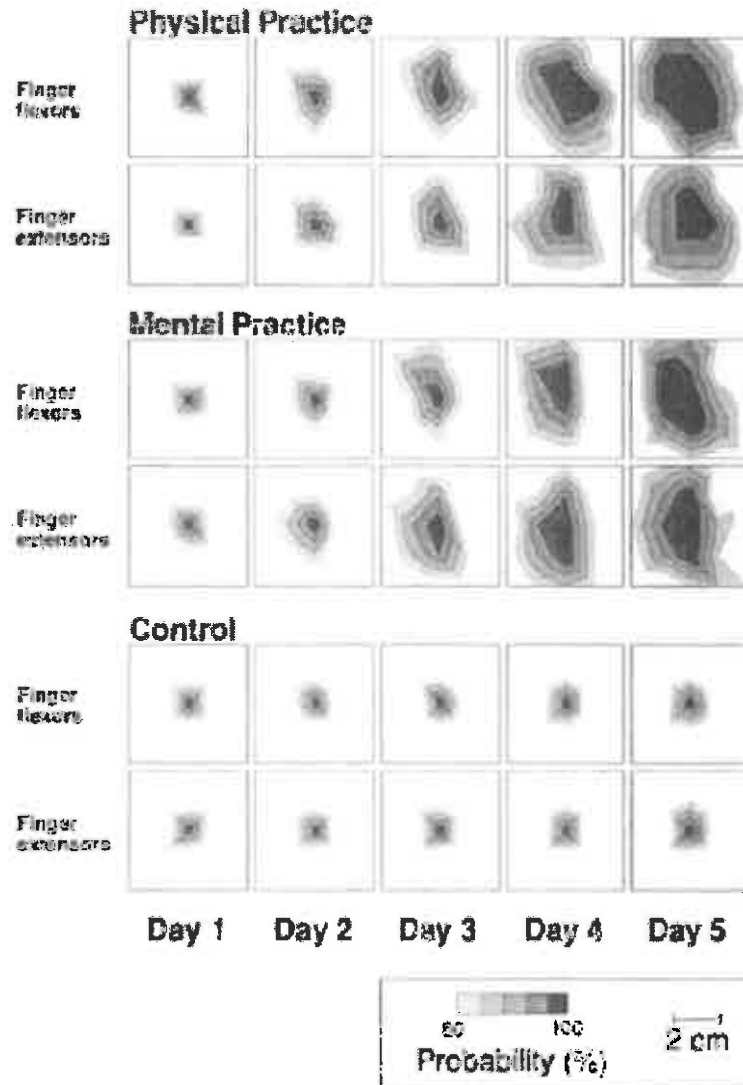
ANNEXE III

Échelle d'activité de la vie quotidienne de Schwab et England

- 100 % : totalement indépendant. Est capable d'effectuer toutes les activités sans lenteur, difficulté ou gêne. Tout à fait normal, n'ayant conscience d'aucune difficulté.
- 90 % : complètement indépendant. Est capable d'effectuer toutes les activités avec un certain degré de lenteur, de difficulté, de gêne. Peut mettre deux fois plus de temps. Commence à avoir conscience de ses difficultés.
- 80 % : complètement indépendant dans la plupart des activités. Met deux fois plus de temps. Conscient de ses difficultés et de sa lenteur.
- 70 % : pas complètement indépendant. Beaucoup de difficultés pour certaines activités. Trois ou quatre fois plus lent dans certaines d'entre elles. Peut passer une grande partie de la journée pour les activités de base.
- 60 % : partiellement dépendant. Peut effectuer un certain nombre d'activités, mais très lentement et avec beaucoup d'efforts, fait des erreurs : certaines activités sont impossibles.
- 50 % : est plus dépendant. Doit être aidé dans la moitié des activités, plus lent. Difficultés pour chaque chose.
- 40 % : très dépendant. Peut effectuer toutes les activités avec aide, mais peu d'entre elles seul.
- 30 % : effectue seul peu d'activités, avec effort, mais ne fait que les commencer seul. Plus d'aide est nécessaire.
- 20 % : ne fait rien seul. Peut légèrement aider pour certaines activités. Invalidité sévère.
- 10 % : totalement dépendant, ne peut aider en rien, complètement invalide.
- 0 % : certaines fonctions végétatives telles que la déglutition, les fonctions urinaires et les fonctions intestinales sont altérées. Aîné.

ANNEXE IV

Représentation de l'activité corticale lors d'un mouvement de flexion et extension du doigt en pratique physique et en imagerie motrice sur une durée de 5 jours [42]



ANNEXE V

Version française du MIQ-R

ECHELLES D'ÉVALUATION

Echelle d'imagerie visuelle

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

Echelle d'imagerie kinesthésique

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

1. POSITION DE DÉPART : Debout, pieds joints, bras le long du corps.

ACTION : Montez votre genou droit aussi haut que possible afin de vous tenir sur votre jambe gauche avec votre jambe droite fléchie au niveau du genou. Maintenant abaissez votre jambe droite 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.

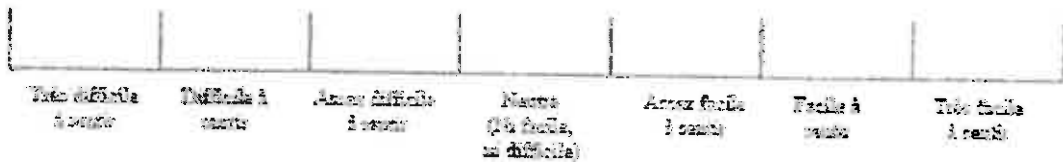
Très difficile à sentir	Difficile à sentir	Assez difficile à sentir	Neutre (Ni facile, ni difficile)	Assez facile à sentir	Facile à sentir	Très facile à sentir

2. POSITION DE DÉPART : Debout, pieds légèrement écartés, bras le long du corps.

ACTION : Fléchissez complètement les jambes et sautez verticalement aussi haut que possible avec les deux bras étendus au-dessus de votre tête. Réceptionnez-vous pieds légèrement écartés en abaissant latéralement les bras 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 visuelle aussi

claire et vive que possible. Maintenant, estimez la facilité ou la difficulté avec laquelle vous étiez capable de faire cette tâche mentale.



3. POSITION DE DÉPART : Élevez latéralement le bras tendu de votre main non-dominante afin qu'il soit parallèle au sol, la paume vers le bas.

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.



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 avec 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 visuelle aussi claire et vive que possible. Maintenant, estimez la facilité ou la difficulté avec laquelle vous étiez capable de faire cette tâche mentale.



5. POSITION DE DÉPART : Debout, pieds légèrement écartés, bras le long du corps.

ACTION : Fléchissez complètement les jambes et sautez verticalement aussi haut que possible avec les deux bras étendus au dessus de votre tête. Réceptionnez-vous pieds légèrement écartés en abaissant latéralement les bras 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.



6. POSITION DE DÉPART : Debout, pieds joints, bras le long du corps.

ACTION : Montez votre genou droit aussi haut que possible afin de vous tenir sur votre jambe gauche avec votre jambe droite fléchie au niveau du genou. Maintenant abaissez votre jambe droite 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 visuelle aussi claire et vive que possible. Maintenant, estimez la facilité ou la difficulté avec laquelle vous étiez capable de faire cette tâche mentale.



7. 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 avec 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	Moyenne (Ni facile, ni difficile)	Assez facile à sentir	Facile à sentir	Très facile à sentir

8. POSITION DE DÉPART : Elevez latéralement le bras tendu de votre main non-dominante afin qu'il soit parallèle au sol, la paume vers le bas.

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 visuelle 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 sentir	Difficile à sentir	Assez difficile à sentir	Moyenne (Ni facile, ni difficile)	Assez facile à sentir	Facile à sentir	Très facile à sentir


ANNEXE VI

MMSE

Mini-Mental State Examination (MMSE)

Patient's Name: _____ Date: _____

Instructions: Ask the questions in the order listed. Score one point for each correct response within each question or activity.

Maximum Score	Patient's Score	Questions
5		"What is the year? Season? Date? Day of the week? Month?"
5		"Where are we now: State? County? Town/city? Hospital? Floor?"
3		The examiner names three unrelated objects clearly and slowly, then asks the patient to name all three of them. The patient's response is used for scoring. The examiner repeats them until patient names all of them, if possible. Number of trials: _____
5		"I would like you to count backward from 100 by sevens." (93, 86, 79, 72, 65, ...) Stop after five answers. Alternative: "Spell WORLD backwards." (D-L-R-O-W)
3		"Earlier I told you the names of three things. Can you tell me what these were?"
2		Show the patient two simple objects, such as a wristwatch and a pencil, and ask the patient to name them.
1		"Repeat the phrase: 'No ifs, ands, or buts.'"
3		"Take the paper in your right hand, fold it in half, and put it on the floor." (The examiner gives the patient a piece of blank paper.)
1		"Please read this and do what it says." (Written instruction is "Close your eyes.")
1		"Make up and write a sentence about anything." (This sentence must contain a noun and a verb.)
1		"Please copy this picture." (The examiner gives the patient a blank piece of paper and asks him/her to draw the symbol below. All 10 angles must be present and two must intersect.) 
30		TOTAL

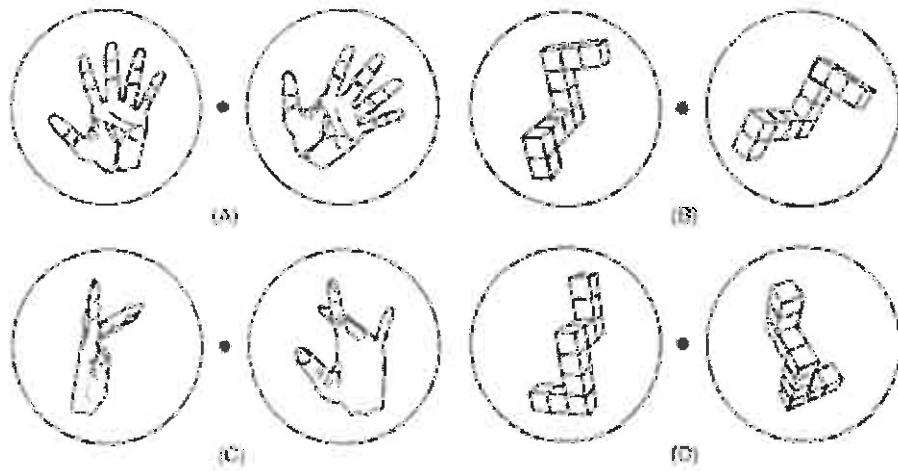
(Adapted from Folmer & Folstein, 1987)

Interpretation of the MMSE

Method	Score	Interpretation
Single Cutoff	<24	Abnormal
Range	<21	Increased odds of dementia
	>25	Decreased odds of dementia
Education	21	Abnormal for 8 th grade education
	<23	Abnormal for high school education
	<24	Abnormal for college education
Severity	24-30	No cognitive impairment
	18-23	Mild cognitive impairment
	0-17	Severe cognitive impairment

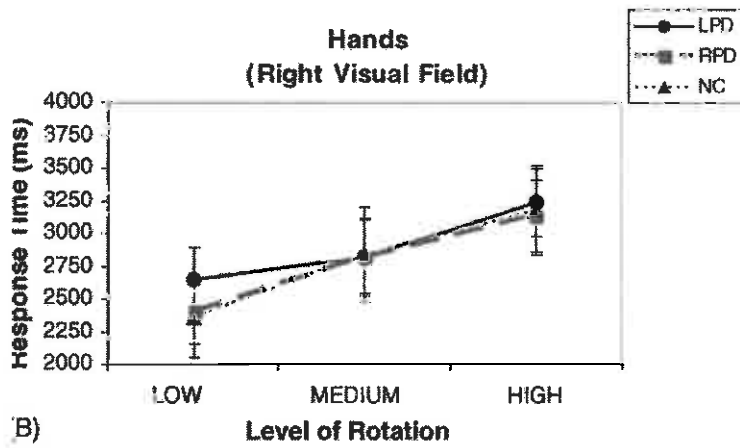
ANNEXE VII

Exemple de rotation de mains et d'objets en 2D (A et B) et en 3D (C et D) [63]



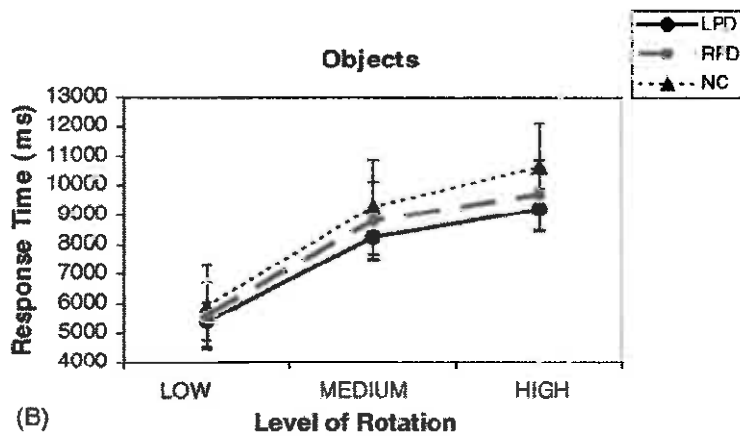
ANNEXE VIII

Comparaison du temps de réaction dans des tests de rotation de mains et d'objets entre deux études : Amick en 2006 [63] (A et B) et Dominey en 1995 [61] (C)



B)

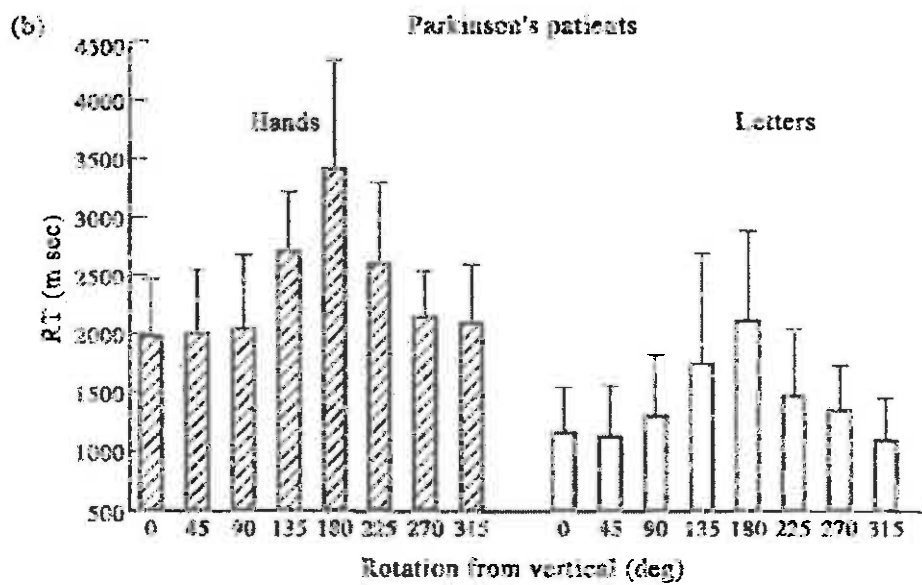
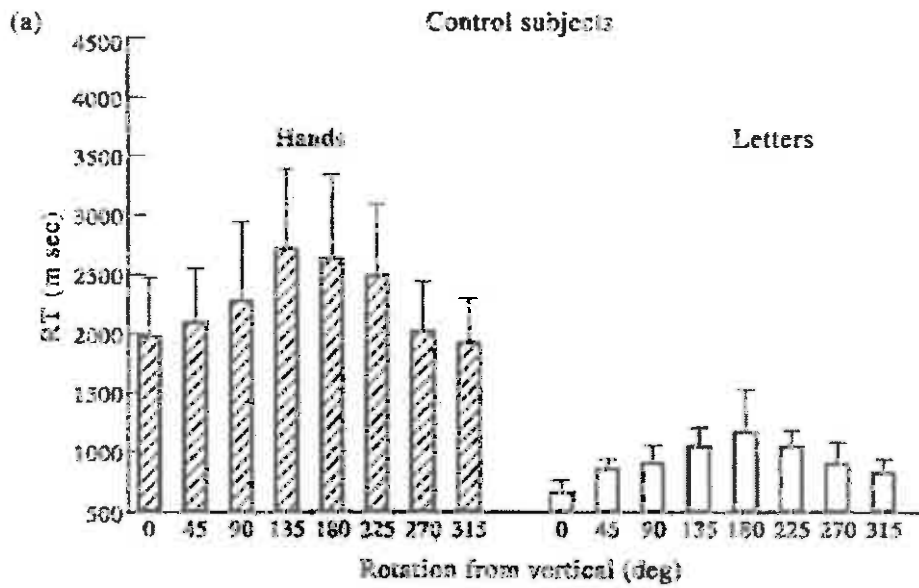
A. Rotation de mains (Amick) [63]



(B)

B. Rotation d'objets (Amick) [63]

ASYMMETRY IN HEMI-PD MOTOR IMAGERY



C. Rotation de mains et de lettres (Dominey) [61]

ANNEXE IX

Evaluation de la vitesse d'écriture de petits (A) et de gros (B) idéogramme chez des parkinsoniens avant tout entraînement (baseline), après de l'imagerie motrice (post-i.) et après un entraînement physique (post-p.) [62]

