MINISTERE DE LA SANTE

REGION LORRAINE

INSTITUT LORRAIN DE FORMATION EN MASSO-KINESITHERAPIE

DE NANCY

A. V. C.

ET TRAVAIL BILATERAL SYMETRIQUE DES MEMBRES SUPERIEURS

PROTOCOLE ET LIVRETS D'UN OUTIL SPECIFIQUE

Mémoire présenté par Aurélie MOREL

Etudiante en 3ème année de masso-kinésithérapie

En vue de l'obtention du diplôme d'état

De Masseur-Kinésithérapeute.

2013-2014

SOMMAIRE

Page

RESUME
1. INTRODUCTION 1
2. METHODE DE RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE 2
3. TRAVAIL BILATERAL DANS LA LITTERATURE 3
3.1. Modalités d'entraînement 3
3.1.1. ***Critères d'inclusion*** 3
3.1.2. ***Délai post-lésionnel*** 4
3.1.3. ***Temps de travail*** 5
3.1.4. ***Evaluations utilisées*** 6
3.2. Variabilités du travail bilatéral 7
3.2.1. ***Outils divers*** 7
3.2.2. ***Feedbacks utilisés*** 8
3.2.3. ***Mouvements symétriques ou asymétriques*** 9
4. INTERETS DU TRAVAIL BILATERAL 10
4.1. Comparatif et résultats généraux des études 10
4.2. Simplicité et coûts 11
4.3. Augmentation du temps de travail 12
4.4. Amélioration motrice proximale 12
4.5. Action au niveau cérébrale 12
4.5.1. ***Diminution des inhibitions inter-hémisphériques*** 12
4.5.2. ***Activité cérébrale spécifique*** 14
4.6. Apprentissage temporo-spatial correct des mouvements 15
5. EXEMPLE D'OUTIL DE TRAVAIL BILATERAL ET SYMETRIQUE 16
5.1. Descriptif technique de l'outil 16
5.2. Population ciblée 17
5.3. Installation 18
5.3.1. ***Installation générale*** 18
5.3.2. ***Sanglage du tronc*** 18
5.4. Feedback informatisé 19
5.5. Protocole 21
5.5.1. ***Planification du travail*** 21
5.5.2. ***Choix des critères de suivi quotidien*** 21
5.5.2.1. *Difficulté* 21
5.5.2.2. *Fatigabilité* 22
5.5.3. ***Choix des critères de suivi hebdomadaire*** 22
5.5.3.1. *Poids aidant* 23
5.5.3.2. *Temps réalisés* 23
5.5.3.3. *Adaptabilité* 23
5.6. Conception des livrets 24
6. DISCUSSION 25
7. CONCLUSION 29
BIBLIOGRAPHIE
ANNEXES
RESUME

RESUME

De nombreuses thérapeutiques nouvelles se sont développées au cours de ces dernières années afin de permettre la récupération optimale du membre supérieur hémiparétique.

Une littérature de plus en plus abondante, du fait de la mécanisation et robotisation des matériels proposés, est accessible concernant le travail bilatéral symétrique. Ces cinq dernières années, les écrits sur ce sujet se sont multipliés. L'intérêt porté en rééducation à ce type de réentraînement est confirmé par les dernières recommandations de bonne pratique de l'H.A.S. sur le thème *Accident vasculaire cérébral : méthodes de rééducation de la fonction motrice chez l'adulte.*

Un appareil original a été élaboré dans une structure de rééducation neurologique nancéenne et permet de répondre aux objectifs précités, proposant une activité bilatérale symétrique des membres supérieurs des patients cérébro-lésés.

L'objectif de ce travail est, dans un premier temps, de faire l'inventaire des machines les plus utilisées et de comparer les protocoles existants et leurs spécificités à la lumière des publications concernant ce sujet.

Dans un deuxième temps, les modalités du travail bilatéral symétrique sont présentées avec leurs caractéristiques et leurs intérêts en rééducation.

La dernière partie développe les particularités de l'outil élaboré sur site et du protocole proposé aux patients neurologiques.

Afin de permettre une utilisation optimale de la machine, deux livrets à l'intention des masseurs-kinésithérapeutes et des patients sont édités.

Mots clés : membre supérieur, travail bilatéral, hémiplégie

Key words : upper limb, bilateral arm training, stroke

1. INTRODUCTION

En France, les chiffres transmis par France A.V.C. révèlent qu'un accident ischémique transitoire touche une personne toutes les 4 minutes en moyenne [1]. Parmi les victimes d'un accident vasculaire cérébral (A.V.C.), les ¾ gardent des séquelles avec des conséquences fonctionnelles modifiant l'autonomie du patient [2].

En phase subaigüe la récupération spontanée observable lors de la résorption de l'œdème et /ou de l'hémorragie est associée aux mécanismes de neuroplasticité stimulés par des situations d'apprentissage spécifique faisant évoluer le tableau lésionnel.

Pour favoriser la récupération du membre supérieur après lésion cérébrale les équipes de recherche conçoivent de nouvelles méthodes de travail afin de stimuler au maximum les mécanismes de réorganisation post-lésionnelle. En accord avec les recommandations de l'H.A.S. conseillant de débuter la rééducation motrice dès que possible [3], des thérapies permettant une prise en charge précoce du membre supérieur lésé se sont multipliées comme la thérapie miroir ou la thérapie robot-assistée.

Parmi ces méthodes, la thérapie contrainte donne des résultats fonctionnels intéressants. Les critères de participation à ces protocoles ne permettent cependant d'inclure que des patients ayant une récupération motrice distale minimale. Dans le cas d'une motricité active plus réduite, certaines équipes proposent de solliciter le membre sain pour aider et stimuler la récupération du membre lésé plutôt que de le contraindre. Les premiers travaux concernant le travail bilatéral (Bilatéral Arm Training : B. A. T.) des membres supérieurs sont proposés par MUDIE et MATYAS en 1996 et 2000. Leurs observations montrent une amélioration cinématique des mouvements imputable à l'entraînement bilatéral fonctionnel. Cette amélioration motrice est maintenue à 6 mois post-entraînement [4, 5]. Depuis ces premiers essais prometteurs de nombreux protocoles et machines se sont développés pour répondre à l'intérêt de ce type de travail.

En effet, les activités bimanuelles sont omniprésentes dans notre quotidien. Lorsque les actions simultanées de nos deux mains sont différentes, l'activité neuronale observée lors de ces mouvements ne correspond pas à l'association de deux mouvements unilatéraux [6]. Même si les gains fonctionnels associés à ce type travail ne sont pas toujours démontrés, a

priori seule l'activité bilatérale peut permettre une coordination bimanuelle améliorée alors que le travail unilatéral est bénéfique pour la fonction motrice unilatérale.

Après avoir repris dans les publications des 5 dernières années les différents protocoles, outils ainsi que leurs feedbacks, les arguments objectivant l'intérêt de ce type de travail sont présentés. Pour répondre à ces nouvelles orientations rééducatives un outil spécifique permettant un travail bilatéral et symétrique, nommé Armove™, a été conçu. L'élaboration d'un protocole a été structurée et les différentes étapes de l'entraînement sont reprises dans des livrets. Ceux-ci reprennent le fonctionnement de la machine et présentent les différentes possibilités d'exercices.

2. METHODE DE RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

La réalisation de ce mémoire a nécessité la consultation de publications proposées par des moteurs de recherche comme Pubmed et bases de données Pedro, Kinésithérapie Scientifique et Google Scholar.

Ont été retenues les publications, en langue française et anglaise, des cinq dernières années, soit de 2008 à 2013, se rapportant au travail bilatéral et symétrique des membres supérieurs. Les mots-clés utilisés, avec pour mot de liaison « and » sont :

« Bilateral arm training, stroke »

45 résultats ont été obtenus sur Pubmed. Les publications recensées sur les autres moteurs de recherches ont été les mêmes avec ces mots-clés. Après lecture des titres et des résumés, 29 articles ont été sélectionnés. Les articles concernant le membre inférieur, la thérapie miroir et certains articles trop redondants sur des machines robot-assistées ont été exclus. 23 ont fait l'objet d'une lecture complète. En dehors de ces 5 dernières années, 24 publications supplémentaires ont été retenues comme pertinente car souvent citées dans les bibliographies. 3 articles n'ont pas pu être récupérés en entier, aussi plusieurs revues de la littérature tel que la revue Cochrane de COUPAR [7] et la revue de littérature de VAN DELDEN de 2012 [8] ont permis d'éclairer leurs résumés d'articles.

Une seconde recherche a été effectuée avec pour mots-clés :

« robot-assisted, bilateral arm training, stroke »

Les articles méritant d'être retenus se retrouve dans la recherche précédente.

Une dernière recherche est faite avec pour mots-clés :

« mechanical arm trainer, stroke »

Une des machines proposée par Hesse est l'objet des 3 publications retrouvées. Leur contenu a fortement inspiré la conception de l'outil Armove.

Les recommandations de l'H.A.S. ont également été consultées. Le précédent travail d'une étudiante en 2012 effectué sur ce sujet a servi de base à la construction de ce mémoire [9].

3. LE TRAVAIL BILATERAL DANS LA LITTERATURE

Un tableau récapitulatif de la plupart des études citées vous est présenté en **annexe I.**

3.1. Modalités d'entraînement

3.1.1. *Critères d'inclusion*

Concernant les possibilités motrices des patients participant aux études, les capacités sont très variables d'une étude à l'autre. Elles sont souvent évaluées par le test de Fugl-Meyer. Les atteintes sont classées comme sévères lorsque le Fugl-Meyer (F.M.) est inférieur à 20 en moyenne [10, 11, 12, 13], comme modérées avec un F.M. entre 20 et 40 [14, 15] et légères avec un FM > à 40 [16, 17, 18]. Ces deux dernières catégories sont régulièrement réunies (F.M. entre 22 et 66) [19, 20, 21, 22]. D'autres évaluations servent à déterminer la sévérité de l'atteinte comme le Brunnstrom ≤ 3 [23, 24]. Certains auteurs préfèrent une évaluation plus fonctionnelle et rapide comme pouvoir translater 3 fois de suite sa main vers l'avant [25, 26]. Dans l'atelier membre supérieur de BUSCHFORT [13] sont inclus des patients avec un membre supérieur non fonctionnel mais dont le 1er essai sur machine a été

concluant. C'est l'option choisie au vu des faibles capacités musculaires des patients en phase subaigüe du service de neurologie. Certaines études notent l'intérêt de ce type de travail lors d'atteinte sévère comparativement au travail unilatéral, mieux adapté aux atteintes modérées à moyennes [27]. La spasticité est modérée, elle ne dépasse le plus souvent pas la cotation 2, certaines études allant jusqu'à 3 sur l'échelle d'Ashworth modifiée. [10, 20].

Les critères d'inclusion aux différents protocoles existant comportent le plus souvent une évaluation mnésique et cognitive. La plus fréquemment utilisée est le Mini Mental State Examination avec une fourchette d'inclusion entre 18< et 24< sur 30. En complément de ce critère, certaines études limitent l'inclusion de patient présentant des troubles neurocognitifs associés tels que l'aphasie [28, 29, 30], l'apraxie [11, 12], l'héminégligence surtout sévère [28, 29, 23, 31]. HESSE [11] montre que seul 3 patients sur les 5 héminégligents inclus dans son étude ont obtenu des résultats positifs. Les autres n'ont présenté aucun avantage moteur ou fonctionnel même minime à l'entraînement. La négligence semble donc être un facteur de mauvais pronostic.

L'absence de troubles orthopédiques est nécessaire pour ne pas limiter l'exécution des exercices. Le patient ne doit pas présenter de douleurs au niveau de l'épaule hémiplégique ou des autres articulations (un signe fréquent est une main oedèmatiée).

MORRIS [29] conseille également d'exclure les patients de plus de 68 ans car le BAT s'avère exigeant physiquement et demande une concentration accrue par rapport au travail unilatéral, plus efficace à un âge avancé. Cependant avant MORRIS, STOYKOV [23] avait inclus des patients allant jusqu'à 80 ans sans qu'aucune remarque sur le sujet ne soit rapportée. L'âge physiologique du patient est certainement plus à prendre en compte que son âge réel.

3.1.2. *Délai post-lésionnel*

La littérature est bien plus abondante en ce qui concerne les patients dit chroniques, c'est-à-dire dont l'A.V.C. est survenu il y a plus de 6 mois. Avant cette période, appelée phase subaigüe, il est difficile de conclure à l'efficacité d'une technique car il est complexe de

dissocier la part de l'évolution spontanée à celle des mécanismes de récupérations post-lésionnelles sollicités par les apprentissages spécifiques. Il résulte cependant des études en phase subaigüe [10, 11, 12, 16, 17, 18, 28, 29, 31, 32, 33, 34] que le travail bilatéral est sans risque et apporte des améliorations motrices même en démarrant à 10 jours de l'A.V.C. MUDIE et MATYAS [32] réalisent en 2001 le même protocole avec des patients en phase aigüe et chronique. Les faibles améliorations constatées sont sensiblement identiques à ces deux phases. Les études sur population chronique montrent des résultats moteurs positifs plus ou moins importants même plusieurs années après la lésion. Les phénomènes de neuroplasticité peuvent donc être stimulés même à forte distance de l'A.V.C.

3.1.3. *Temps de travail*

LATIMER [35] analyse 9 études réalisées entre 1998 et 2008 chez des patients chroniques. Il observe que l'augmentation des capacités motrices de ces patients est plus faible lorsque l'entraînement dure peu de temps. Il associe ces résultats à l'absence de délai suffisant pour la récupération neurologique, 6 semaines semblant être la durée minimale pour permettre ces mécanismes. L'idée est confirmée par WHITALL [36] qui propose un entraînement de 20 minutes de travail par jour sur 6 semaines à une population hémiplégique. Il conclu à une augmentation du F.M. alors que SENESAC [37], en concentrant le travail sur le même outil à raison de 2h25 de travail par jour sur 2 semaines, n'obtient pas de résultats positifs à cette même évaluation. A contrario, SUMMERS [18] montre des résultats fonctionnels en seulement 6 jours avec 30 minutes de travail par jour chez des patients en phase subaigüe. Des résultats si rapides peuvent cependant être imputables à la récupération spontanée.

Le temps de travail proposé aux patients est très variable d'une étude à l'autre. Les équipes asiatiques proposent généralement 1h30 à 2h00 de travail par jour sur 3 à 4 semaines tandis que les européennes proposent des séances plus courtes de 20 à 30 minutes sur 6 semaines. Les résultats constatés semblent néanmoins similaires. LUM, BURGAR et leurs collaborateurs [33] proposent en 2006, sur 4 semaines, 15 heures de travail sur outil robotisé à des patients en phase subaigüe dans une première étude. En 2011, une population similaire exécute, sur le même outil, 30 heures de travail toujours sur 4 semaines. De meilleurs résultats

fonctionnels objectivés par Mesure de l'Indépendance Fonctionnel (M.I.F.) sont constatés dans cette seconde étude [34]. Le temps de travail semble influer sur la récupération motrice, tout comme la durée de l'entraînement.

3.1.4 *Evaluations utilisées*

De nombreuses évaluations sont proposées dans les études. Les échelles les plus souvent retrouvées sont :

- le Fugl-Meyer Assessment of sensorimotor function (F.M.) : il évalue l'extrémité proximale, du poignet et de la main dans des épreuves de coordination et de rapidité. Pour l'ensemble des critères évalués, comprenant notamment les mouvements volontaires, la tonicité et la rapidité, une note est donnée entre 0 (non réalisé), 1 (partiellement réalisé) et 2 (réalisé). La partie du test destinée à la motricité du membre supérieur est sur 66 points [38].
- Le Wolf Motor Function Test (W.M.F.T.) : il comprend 17 items. Il analyse les capacités fonctionnelles à réaliser les exercices proposés avec un score maximal de 75. L'évaluation tient compte de la rapidité d'exécution. 2 items sont ciblés sur la force de préhension et les capacités de déplacement d'objets [39].
- L'Action Research Arm Test (A.R.A.T.) : il s'agit d'un score sur 57. Il comprend 6 étapes de saisies de bloc de bois et de balles, 4 tenues d'objets variés, 6 étapes de pincé de billes de différentes tailles ainsi que 3 étapes de mouvements globaux (main-tête, main-bouche). Les étapes sont cotées entre 0 (pas de réalisation) et 3 (exécution normale) [40].
- La Motor Activity Log (M.A.L.) : il mesure la fréquence d'utilisation et la qualité d'utilisation du membre supérieur hémiplégique dans 33 activités du quotidien. C'est une autoévaluation qui sert aussi à mettre en évidence une sous-utilisation du membre lésé [40].

D'autres évaluations sont également retrouvées dans différentes publications. Certaines s'intéressent à des aspects moteurs particuliers : l'échelle d'Ashworth modifiée pour la spasticité, l'électromyogramme objectiver les contractions musculaires [32, 41], le dynamomètre ou Jamar pour la force [23, 36, 14]. D'autres sont des échelles fonctionnelles comme la M.I.F. et des questionnaires d'autoévaluation des capacités tels que le Stroke

Impact Scale [17, 19, 42], l'UMAQS [22, 25, 30, 36] et le questionnaire ABILHAND [20, 21].

Enfin la participation de région cérébrale et la modulation des circuits neuronaux sont mises en évidence par imagerie comme l'I.R.M. fonctionnel [24, 26, 30] ou les Stimulations Magnétiques Transcrâniennes (T.M.S.) [18].

Les évaluations sont réalisées en début et fin de protocole mais certaines études effectuent aussi un suivi à distance de l'entraînement. Ces contrôles sont proposés entre 6 semaines et 3 mois le plus souvent. Les améliorations motrices ou fonctionnelles constatées en fin de protocole sont généralement maintenues [11, 16, 17, 26, 28, 29, 36]. Seule exception BURGAR [34] n'observe pas de maintien des performances motrices à 6 mois.

3.2. Variabilité du travail bilatéral

3.2.1. *Outils divers*

Dans la première étude de MUDIE et MATYAS en 1996 [4], le travail proposé est fonctionnel. Sans outil particulier, il consiste à déplacer des objets bilatéralement. Bon nombre d'études reprennent ce type de travail avec déplacement de cubes, manipulation de verre à la bouche, de pointage de cible ... [4, 5, 14, 15, 19, 23, 24, 28, 29, 31, 32]. De nombreux outils mécaniques ou robotisés ont depuis été créés. Les études réalisées se portent souvent sur le Bilateral Arm Training with Rythmic Auditory Cueuil (B.A.T.R.A.C.) [16, 17, 26, 30, 36, 37] ou sur le Bi-Manu-Track [11, 19, 20, 21]. Les autres prototypes permettant un travail bilatéral (B.A.T.) sont nombreux mais pas toujours commercialisés (the Rocker [10], M.I.M.E. [33, 34]...) ou accessibles en prix (EXO-UL7 [14], ...)

Le B.A.T.R.A.C. est un outil mécanique composé de 2 barres verticales avec poignées indépendantes. La main hémiplégique peut être maintenue à la poignée si nécessaire. Les poignées coulissent sur des rails par des mouvements de poussés-tirés. Les mouvements sont réalisés de façons synchrones ou alternés guidés par un métronome. L'objectif de l'appareil

est d'entrainer la partie proximale et intermédiaire du membre supérieur. Les mouvements sont ciblés sur le déplacement du coude et de l'épaule [36]. Un second appareil élaboré sur le même principe sollicite la partie distale du membre supérieur. Sur les accoudoirs d'un fauteuil sont placées deux poignées. Le patient assis se positionne avant-bras fixe, mains stabilisées en position intermédiaire. L'outil permet la flexion / extension de poignet [16, 17]. En plus du métronome, le dispositif est associé à un potentiomètre qui permet d'indiquer, de façon informatisée, la courbe de coordination parfaite à atteindre des deux poignets et l'amplitude de mouvement réalisée par rapport à l'amplitude maximum réalisable [17]. STOYKOV, en 2010, utilise le même principe de travail, par l'intermédiaire du Rocker, mais sans écran incitatif.

L'idée du B.A.T.R.A.C. distal se rapproche du Bi-Manu-Track (B.M.T.). Cet outil, développé par HESSE [11] est robotisé. Le B.M.T. permet les mouvements symétriques ou alternés de prono-supination et/ou de flexion/extension de poignet. Les modes proposés sont le mode passif-passif (le moteur contrôle les deux membres supérieurs), le mode actif-passif (le membre supérieur sain entraine le membre cérébro-lésé) ainsi que le mode actif-actif (les deux membres supérieurs doivent au démarrage du mouvement lutter contre une force initiale isométrique avant de pouvoir se déplacer librement). L'outil est couplé à un logiciel informatique de jeux, sollicitations ludiques motivant les utilisateurs.

L'**annexe II** reprend les divers outils de B.A.T. testés dans les articles lus, de nombreux autres appareils existant au sein des diverses équipes de rééducation en neurologie.

3.2.2. *Feedbacks utilisés*

L'utilisation d'un feedback facilite l'intégration sensorimotrice en réponse à un mouvement induit. Le mouvement volontaire réalisé est comparé à l'acte prévisionnel intégré dans l'aire sensorimotrice. La rétroaction qui en découle, à l'origine du mouvement corrigé, est un préalable indispensable à tout apprentissage moteur correct [43].

Lors d'un travail bilatéral fonctionnel, le patient n'a souvent pour feedback que la présence du thérapeute pour le corriger. Sa présence constante permet, par des informations verbales, une correction régulière plus favorable, d'après WU [19], à l'amélioration des gestes qu'un feedback informatisé. Les feedbacks, parmi le panel d'outil mécanique ou robotique, sont variés et vont du simple repère temporel rythmé par métronome (B.A.T.R.A.C.), aux jeux informatiques ludiques (Réha-slide [12], B.M.T., EXO-UL7...). Aucun feedback ne semble supérieur à un autre mais l'importance des informations données en retour au patient sur la qualité de ses gestes est primordiale à une amélioration du contrôle moteur.

3.2.3. *Mouvements symétriques ou asymétriques*

Dans le cadre du travail bilatéral, toutes les études fonctionnelles lues, exceptée l'étude de DESROSIERS [31] en 2005, reprennent des activités symétriques. Si certains appareils n'autorisent que les mouvements symétriques (Réha-slide, M.I.M.E., EXO-UL etc.), beaucoup permettent un travail symétrique et alterné des membres supérieurs (B.A.T.R.A.C., B.A.T.R.A.C. modifié distal, Bi-Manu-Track, the Rocker, etc.).

Lors de la réalisation de mouvements bilatéraux, la tendance naturelle de l'Homme est d'entrainer les deux membres supérieurs dans la direction « imposée » par les mains, se coordonnant en amplitude et en vitesse. Les mouvements bimanuels symétriques offrent ainsi un modèle plus stable [44] ce pourquoi des études proposent d'utiliser le membre sain comme modèle temporo-spatial au côté lésé par un programme de travail symétrique. Dans les Activités de la Vie Journalière (A.V.J.) certaines activités nécessitent la participation conjointe et symétrique des membres supérieurs (port ou déplacement d'un objet large ou de deux objets identiques, ouverture d'une commode ...), mais le plus souvent les deux mains travaillent ensemble dans des rôles dissociés (maintenir une règle pendant que l'autre main trace un trait, ouvrir une bouteille, stabiliser un verre et se servir à boire, ...). Les mouvements alternés, guidés comme sur machines, sont rares dans les activités du quotidien mais ce type de travail bilatéral permet un peu plus de se rapprocher de l'activité la plus souvent dissociée des membres supérieurs comparée au travail symétrique. Ces mouvements alternés imposent une simultanéité temporelle avec développement d'une force similaire [6].

Les mouvements symétriques ou alternés entrainent une adaptation motrice ou fonctionnelle comparable même si l'activation neuronale diffère [45]. Ces résultats similaires s'expliquent, d'après MUDIE et MATYAS [5], par l'intention lors de la mise en situation sur ces appareils de réaliser des mouvements simultanés, plus que de contrôler la synchronisation des mouvements. Pour ces auteurs peu importe le sens des mouvements réalisés.

4. INTERETS DU TRAVAIL BILATERAL

4.1. Comparatif et résultats généraux des études

Le plus souvent le travail bilatéral est comparé au travail unilatéral avec un groupe contrôle qui réalise des Dosed-Matched Therapeutic Exercises (D.M.T.E.) [voir pour exemple 26]. Le D.M.T.E. correspond à la kinésithérapie conventionnelle et comprend mobilisations passives d'épaule et scapulaire, portés et déplacements de poids, ouverture de la main, apprentissages de stratégies compensatoires mais aussi étirements, tâches motrices globales et fines, exercice de coordination... Certains protocoles complètent le programme avec de l'ergothérapie [12, 13, 16]. L'analyse par COUPAR [7] de 14 études incluant 421 participants dans la revue Cochrane de 2010 indique que le travail bilatéral n'est ni plus ni moins efficace que le travail unilatéral ou que la thérapie conventionnelle.

Certains auteurs comparent également le travail bilatéral à la thérapie contrainte. Le B.A.T. offre plus d'avantages sur la composante motrice proximale d'épaule alors que la thérapie contrainte améliore les capacités fonctionnelles globales [14, 16, 24, 42].

D'après la revue de littérature de CAURAUGH en 2009, le travail bilatéral est plus avantageux que le travail conventionnel s'il est couplé à l'électrostimulation avec électromyogramme (E.M.G.) [41]. Les conclusions de cet article sont cependant remises en cause par POLLOCK [46] qui dénonce des erreurs d'interprétations.

Plus rarement les diverses possibilités du B.A.T. sont comparées entre elles. WU [19] compare dans son étude le travail bilatéral fonctionnel (déplacement d'objets ...) avec le

travail sur Bi-Manu-Track. Le travail fonctionnel apporte dans cette étude de meilleurs résultats sur la fluidité, la diminution des compensations de tronc et la coordination temporelle. Les deux modalités permettent cependant une augmentation comparable du Fugl-Meyer (F.M.). En revanche, seul le travail robot assisté engendre, dans cette étude, un F.M. proximal augmenté. OUJAMAA [47], après lecture de 66 articles, évoque comme stratégie thérapeutique d'utiliser les mouvements bilatéraux distaux lors d'un déficit moteur modéré à la phase précoce en plus de l'entraînement classique. En cas de déficit moteur sévère, à la phase précoce, il conseille l'utilisation d'un robot bimanuel distal. Chaque outil ou méthode de travail bilatéral semble avoir ses avantages moteurs propres, entrainant cependant une amélioration motrice globalement identique.

Malgré la supériorité du travail bilatéral dans certaines études, c'est le nombre de répétitions qui semble influer sur la récupération motrice. En effet, chaque fois que le nombre de répétitions de ce mode de travail est supérieur au groupe contrôle, les patients présentent de meilleurs gains moteurs ou fonctionnels [10, 11, 17, 21]. Par exemple, pour HESSE, le travail bilatéral a plus d'effet sur la motricité que l'électrostimulation (E.S.) couplée à l'E.M.G. Ces effets positifs peuvent s'expliquer par le nombre de répétitions effectué : 2400 répétitions d'E.S. sur 6 semaines alors que 10 fois plus de mouvements sont réalisés avec le B.A.T. [11]. STOYKOV [10] constate également de meilleurs résultats lorsque le travail bilatéral est ajouté au travail standard mais la notion de temps est, dans cette étude, là aussi impliquée. La répétition des gestes est l'un des avantages permis par l'utilisation d'un dispositif mécanique ou robotisé favorisant la pratique intense d'exercices musculaires agoniste / antagoniste, exigence considérée nécessaire pour le réapprentissage moteur [35].

4.2. Simplicité et coûts

Un ensemble très large de machines sollicitant le travail bilatéral existe : des systèmes simples comme le B.A.T.R.A.C., le Réha-slide... comme des systèmes plus complexes avec assistance robotisée (Bi-Manu-Track, M.I.M.E. ...) ou exosquelette (EXO-UL7...). A ce jour aucune étude ne semble prouver qu'une machine très coûteuse et complexe soit plus performante qu'un outil simple et peu onéreux ou que le travail bilatéral fonctionnel avec

objets [8]. Concernant le travail bilatéral aucun effet négatif n'est rapporté sauf dans le cadre d'une étude de HESSE [12] dans laquelle des douleurs transitoires d'épaule sont évoquées. L'outil Armove™ présente ces avantages d'être simple et d'avoir été conçu sur place.

4.3. Augmentation du temps de travail

Ce type de travail propose un entraînement en relative autonomie. BUSCHFORT met en situation 4 patients pour un thérapeute superviseur au sein d'ateliers thérapeutiques [13]. L'installation des patients à ces postes en dehors de leurs heures de thérapie individuelle augmente leurs temps de travail et plus spécifiquement la répétition des gestes. En adaptant progressivement la difficulté du travail tout en respectant la fatigue, l'augmentation du temps de travail est un facteur positif pour la récupération [48].

4.4. Amélioration motrice proximale

Le travail bilatéral est régulièrement cité comme très intéressant pour la récupération proximale du membre supérieur lésé. Récemment SIMKINS [14] en 2013 compare la thérapie contrainte au BAT robotisé par EXO-UL7 et retrouve de meilleures amplitudes d'épaule et de force musculaire dans le groupe de B.A.T. Les mêmes constats sont faits par LIN [42] en 2009 lors d'un travail bilatéral fonctionnel. Pour LUM [33] ces améliorations ne sont observées que lorsque le travail bilatéral est associé au travail unilatéral, cependant à 6 mois les performances des 2 groupes sont similaires. Le B.A.T. favorise donc un contrôle moteur proximal plus rapidement acquis comparé au travail unilatéral seul. Selon MC COMBES WALLER [22], le contrôle moteur proximal est aussi amélioré par un travail distal sur machine (B.A.T.R.A.C. modifié). HESSE [11] et WU [19] réalisent la même constatation sur des patients s'entrainant sur Bi-Manu-Track.

4.5. Action au niveau cérébral

4.5.1. *Diminution de l'inhibition interhémisphérique*

Lors d'un mouvement unilatéral, l'inhibition de l'hémisphère non impliqué dans la motricité évite un mouvement en miroir du membre supérieur opposé. La lésion cérébrale modifie en la diminuant l'action d'inhibition de l'hémisphère lésé sur l'hémisphère sain. En conséquence, l'hyperexcitabilité de l'hémisphère sain majore l'inhibition transcalleuse de l'hémisphère lésé (**Fig. 1**). Expérimentalement en 2004, FLOEL [49] a anesthésié la main saine d'un cerébro-lésé et constate une amélioration des performances motrices de la main hémiplégique par diminution de l'inhibition de l'hémisphère sain sur l'hémisphère lésé. En conclusion les interactions interhémisphériques équilibrées sont nécessaires à un mouvement volontaire normal. Lors d'un mouvement bilatéral, les mêmes structures neuronales sont activées dans les 2 hémisphères cérébraux et l'inhibition intracorticale est réduite [50]. Le travail bilatéral permettrait donc un apprentissage moteur dans des conditions optimales où le membre hémiplégique ne subirait pas une inhibition trop importante du cerveau homolatéral. Dans les conditions d'un travail unilatéral seul, le processus d'inhibition au niveau de l'hémisphère lésé, faisant obstacle à la récupération du bras parétique, est majoré [6].

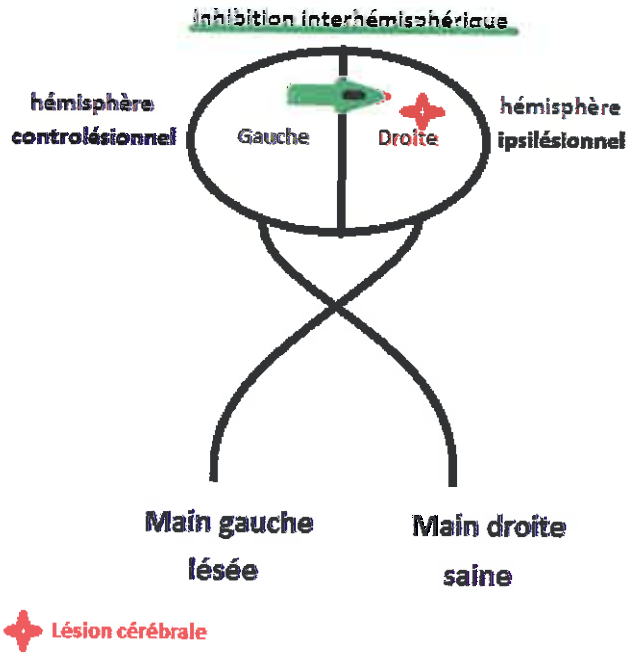


Figure 1 : schéma de l'inhibition de l'hémisphère sain sur l'hémisphère lésé.

4.5.2. *Activité cérébrale spécifique*

Les zones cérébrales impliquées lors de mouvements unilatéraux du membre hémiparétique concernent principalement le cortex lésionnel. Certaines études avec T.M.S. ou I.R.M. fonctionnelle mettent en évidence des stimulations neuronales supplémentaires lors des mouvements bilatéraux [18, 24, 26, 30]. Les zones cérébrales concernées, sont le plus souvent, les gyrus pré et post centrales controlatérales, le cervelet ipsilatéral et de façon bilatérale les gyrus cingulaires (**Fig. 2**) [30].

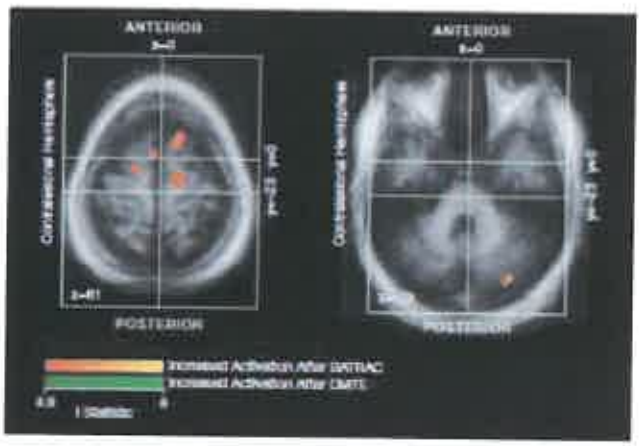


Figure 2 : I.R.M. fonctionnelle synthétique de l'ensemble des 9 patients de l'étude de LUFT [30] reprenant les zones cérébrales activées après entraînement bilatéral ou DMTE. En orange, les zones dont l'activité a augmenté après B.A.T.R.A.C. L'absence de vert indique une absence d'augmentation d'activité après D.M.T.E. contrairement au B.A.T. Les 2 modes de travail ne diminuent pas les activations préexistantes.

Lors du travail bilatéral, ces zones cérébrales impliquées sont en lien avec une amélioration de la fonction motrice des patients. Cette observation n'est pas relevée chez tous les patients. LUFT [30] précise que 3 patients sur 9 n'ont pas réagi au traitement. De même, WU [24] en 2010 observe que seul 2 patients ont une augmentation fonctionnelle et motrice corrélée à l'augmentation de stimulation de certaines zones à l'imagerie. La théorie neurophysiologique évoquée est, afin d'obtenir un travail efficace, la nécessité de préserver l'intégrité du corps calleux et des aires motrices supplémentaires [50]. STINEAR [51] prétend que lorsque le tractus corticospinal est très affecté (chance de récupération faible) le travail bilatéral, stimulant l'hémisphère controlatéral, a de meilleur chance de réussite. Cette hypothèse n'est pas vérifiée par VAN DELDEN qui ne constatent pas toujours de meilleurs

avantages du travail bilatéral sur les atteintes sévères par rapport à la thérapie contrainte ou conventionnelle [27].

Le B.A.T. permet, contrairement au travail unilatéral, la stimulation de l'hémisphère sain pour améliorer l'activité de l'hémisphère lésé. C'est un moyen de compensation possible quand le sujet a peu de chances de récupération, notamment après des lésions étendues.

En résumé, l'entraînement bilatéral limite les inhibitions interhémisphériques ce qui permet la réorganisation des hémisphères cérébraux visible ensuite à l'imagerie lors des mouvements unilatéraux.

4.6. Apprentissage temporo-spatial correct des mouvements.

Pour WHITALL [8], lors du B.A.T. le membre sain sert de modèle au membre supérieur lésé. Le couplage des deux membres supérieurs oblige le membre parétique à suivre un schéma moteur correct. Cette guidance facilite le réapprentissage des paramètres spatio-temporels nécessaire à l'amélioration de la motricité du côté lésé. Plusieurs études de B.A.T. fonctionnel imputent à ce mode d'entraînement l'amélioration des paramètres spatio-temporels globaux du mouvement [15], de la fluidité et la coordination [19] ainsi que de la rapidité [18]. Le maintien des résultats positifs à 6 mois dans l'étude de MUDIE et MATYAS en 2001 [32] est en faveur d'une réorganisation permanente neuromotrice.

Le modèle correct proposé par le côté sain diminue également les compensations de tronc. En effet, la tendance lors de mouvements unilatéraux à démarrer l'avancée du membre supérieur lésé par une flexion de tronc est enrayée, dans les mouvements symétriques, par le côté sain dont l'avancée est initiée par une flexion d'épaule. WU [24] retrouve moins de compensation de tronc après entraînement bilatéral, comparativement au travail unilatéral, mais en début de mouvement uniquement. Lorsque l'extension de coude n'est plus suffisante, la compensation par le tronc reprend le dessus. Dans une autre étude, la même équipe ajoute que le travail doit être proximal pour diminuer les compensations de tronc car son groupe de travail sur B.M.T. (travail distal) n'a pas moins d'anté-flexion de tronc que le groupe entrainé unilatéralement [19].

5. EXEMPLE D'OUTIL DE TRAVAIL BILATERAL ET SYMETRIQUE

5.1. Descriptif technique de l'outil

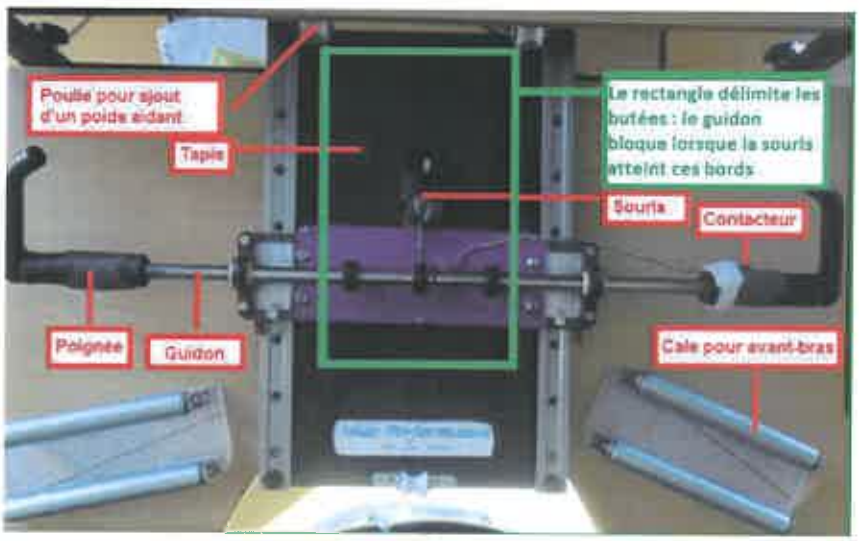


Figure 3 : composition de l'outil. Il s'agit de deux rails sur lesquels vient coulisser un guidon de vélo placé perpendiculairement aux rails, autorisant ainsi les mouvements **avant/arrière** du guidon. Un système de coulisse de la barre du guidon dans le plan frontal permet les mouvements **gauche/droite** du guidon. Les poignées peuvent également s'élever entrainant un **décollement de la souris** du tapis.

Un des outils développés dans un centre de neurologie est l'Armove™. Il s'agit d'un outil mécanique de travail bilatéral et symétrique proximal. La population d'hémiplégiques du centre présentant souvent une motricité du membre supérieur réduite et une récupération proximo-distale, l'Armove™ se concentre sur le contrôle neuromoteur des muscles de l'épaule et du coude. Il permet le travail en coordination des mouvements de flexion / extension d'épaule et du coude ainsi que l'adduction / abduction d'épaule. Le dispositif est relié à un feedback informatique. Au centre du guidon est attachée une souris d'ordinateur, qui lors des mouvements du guidon, entraine les mouvements du curseur à l'écran. Pour ne pas revenir en arrière lors des déplacements, la souris peut être décollée du tapis par des mouvements d'extension de poignet (voir **Annexe III** page 2). Le poignet cérébro-lésé peut être utilisé selon les capacités du patient mais un mouvement unilatéral du côté sain suffit au

décollement de la souris. Un système poids-poulie solidaire au guidon permet des déplacements aidés ou résistés. L'aide apportée est latéralisée à droite ou à gauche selon l'atteinte et facilite le glissement du système. En cas de travail résisté, le poids s'attache au centre du guidon pour s'opposer aux mouvements des deux membres supérieurs.

Le patient est instruit à mobiliser activement son membre lésé et à utiliser au maximum l'extension de son coude. En effet, pour stimuler la plasticité cérébrale il faut de l'activité musculaire : «agent médiateur principal de la plasticité nerveuse» [43].

5.2. Population ciblée

La situation d'entraînement cible spécifiquement les patients hémiplégiques après un A.V.C. Le travail bilatéral symétrique sollicite une motricité coordonnée des deux membres supérieurs sans nécessiter de capacité musculaire minimale du côté lésé. Le côté sain offre une guidance adaptée et dosée évitant le déclenchement de spasticité ou de schémas syncinétiques. Sont inclus les patients dont les mouvements coordonnés permettent le déplacement du guidon lors d'un premier essai. Seule une ébauche de mouvement de l'épaule est requise (cotation 1 d'Enjalbert). La spasticité doit être inférieure ou égale à 2 sur la cotation d'Ashworth modifiée pour ne pas restreindre les mouvements du patient. Il n'y a pas d'obligation de motricité volontaire des doigts et du poignet du côté lésé. Les amplitudes articulaires du membre parétique doivent être fonctionnelles pour ne pas limiter l'utilisation de l'appareil. Sont exclus les patients douloureux ou présentant un SDRC.

Concernant les troubles neurocognitifs, sont contre-indiqués, selon l'appréciation du kinésithérapeute, les sujets trop apraxiques ne parvenant pas à utiliser correctement l'appareil malgré plusieurs essais ou les patients ne comprenant pas les consignes (aphasie de compréhension…) Un tableau d'héminégligence peut aussi être une limite à cette activité.

5.3. Installation

5.3.1. *Installation générale*

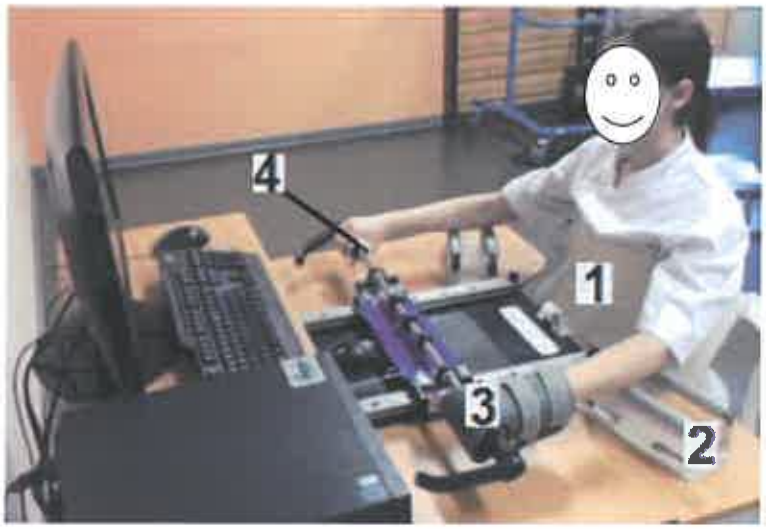


Figure 4 : Installation d'un patient sur l'outil. 1. Sangle de tronc. 2. Cales. 3. Attache de la main à la poignée. 4. Contacteur

Le patient doit être confortablement installé face à l'écran, coudes placés au repos à 90° de flexion. L'extension des coudes doit permettre au patient d'atteindre le haut du tapis avec le guidon. Des cales sous les avant-bras suppléent éventuellement au déficit de maintien postural des muscles de l'épaule. La main est maintenue, si nécessaire, à la poignée par une bande. L'interaction avec l'écran est commandée par un contacteur placé sous l'index du côté sain **(Fig. 4)**.

5.3.2. *Sanglage du tronc*

Les stratégies compensatoires exagérées du tronc ralentissent voire empêchent la récupération fonctionnelle du côté lésé. L'usage de la compensation réduit spontanément la synergie de flexion de l'épaule et l'extension de coude [50]. Pour ces raisons des protocoles d'entraînements proximaux proposent de contraindre le tronc. [12, 25].

Dix années de recherche séparée puis commune des équipes de ROBERTSON, ROBY-BRAMY et de LEVIN, montrent que la flexion du tronc compense la déficience de synergie entre l'épaule et le coude et augmente la vitesse de déplacement de la main dans l'espace. Les études de LEVIN, sur patient contraint au niveau du tronc, attestent d'une amélioration fonctionnelle plus importante de ce groupe en particulier sur les atteintes modérées (FM entre 18 et 50) comparativement au groupe non contraint, dont la synergie épaule / coude reste mauvaise avec compensations renforcées du tronc [52].

Pour guider l'apprentissage en dehors des syncinésies, la contrainte de tronc est proposée dès le début de la rééducation. Etant donnés les critères d'indication de l'outil Armove™, le patient n'a pas une commande motrice volontaire suffisamment efficace pour réaliser les exercices sans syncinésies de flexion de tronc, flexion d'épaule et du coude, lorsqu'il souhaite emmener la main vers l'avant. La contrainte de tronc, en obligeant l'utilisation de la flexion d'épaule et de l'extension de coude, permet l'enregistrement d'un modèle corrigé du mouvement. Par la suite, si le patient s'améliore en réalisant des mouvements sans compensations, il peut être envisagé de supprimer la contrainte, comme le propose HESSE [12]. Lorsque le tableau moteur est stabilisé, à distance de l'A.V.C., il faut, au contraire, optimiser cette compensation par le tronc nécessaire lors des A.V.J. [6].

L'Armove™ est une machine intéressante pour réapprendre les schémas moteurs sans compensation de tronc car le travail proximal qu'elle propose est déjà facilitateur pour éviter ces compensations.

5.4. Feedback informatisé

L'outil Armove™ est couplé à un ordinateur et permet la réalisation d'exercices vidéo-ludiques. Les exercices de difficultés variées ont été créés par nos soins à partir d'un logiciel de dessin. Les exercices testés sur sujets sains ont permis de définir des groupes d'exercices à la difficulté sensiblement égale. Les essais montrent que les temps réalisés pour les mêmes exercices ne sont pas comparables entre patients. Il n'y a donc pas de norme à atteindre, le patient est sa propre référence.

Les différents exercices tracés sont :

- les créneaux : ils consistent en un chemin prédéfini à suivre d'une zone de départ, symbolisée par un carré vert, à une zone d'arrivée, symbolisée par un carré rouge. Le patient doit suivre ce chemin à l'aide du guidon, tout en traçant son parcours en appuyant sur le contacteur. Les lignes ainsi tracées indiquent la qualité des mouvements, la consigne étant de respecter au maximum le chemin proposé tout en allant le plus vite possible. Ce type d'exercice est le premier de chaque niveau et sert d'entraînement. Plusieurs créneaux sont effectués au sein d'une même séance. Sont proposés 4 créneaux différents par niveau pour les 2 premiers niveaux puis 3 pour les niveaux suivants (plus long à réaliser).

- Les labyrinthes : le patient doit également se rendre de la zone verte (départ) à la zone rouge (arrivée). Cet exercice demande une attention et de la concentration supplémentaire car il doit trouver le bon chemin parmi plusieurs possibilités. Le chronomètre est déclenché quand la souris sort de la zone verte. Le patient peut ainsi analyser le parcours et planifier ses gestes avant de démarrer l'épreuve. Durant le parcours, il doit éviter de toucher les « murs » qui le délimitent. Le nombre de murs touchés est comptabilisé et sert de feedback sur la qualité des mouvements en rapport avec les à-coups ou manque de coordination motrice. Lors de la création des exercices, 4 niveaux de difficulté de labyrinthes ont été réalisés comprenant 2 exercices chacun. Pour stimuler l'exploration visuelle, le placement du départ et de l'arrivée sont inversés entre le premier exercice et le deuxième exercice d'un même niveau.

- Les puzzles : il consiste à déplacer les différentes pièces d'une image disposées à gauche de l'écran pour reconstituer l'image à droite. Dans le puzzle, le déplacement du guidon est libre ce qui rend l'exercice de prime abord plus simple. Le travail cognitif est ici double : attention portée sur l'emplacement futur de la pièce et rapidité d'exécution car le temps est compté. Au vu de l'exigence de ce type d'exercice, il n'est proposé qu'une fois par séance. A chaque évolution en niveau le nombre de pièces est augmenté.

Une séance est donc composée de 3 ou 4 créneaux, puis 2 labyrinthes et enfin un puzzle (**Fig. 5**). Si le temps prévu pour la séance n'est pas terminé, le patient est incité à reprendre l'ensemble des exercices de sa série pour s'entrainer d'avantage.

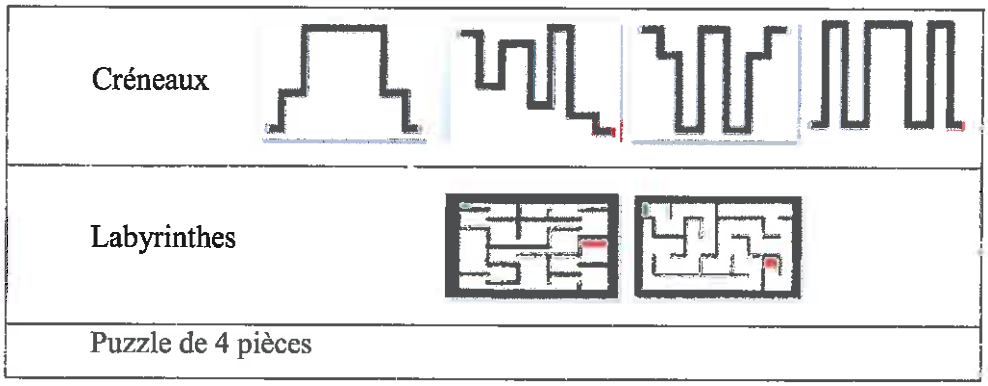


Figure 5 : visuel des exercices proposés au niveau 1.

5.5. Protocole

5.5.1. *Planification du travail*

Les séances d'exercices durent 20 à 30 minutes par jour. Elles peuvent faire partie intégrante d'une des deux séances d'une heure par jour dont bénéficie le patient en kinésithérapie en centre. Elle peut aussi être additionnelle à la kinésithérapie, l'augmentation du temps de travail étant un facteur bénéfique pour la récupération [48]. Le travail est quotidien (5 jours par semaine) et doit durer, si possible, au moins 6 semaines pour optimiser l'efficacité de l'entraînement [35].

5.5.2. *Choix des critères de suivi quotidien*

5.5.2.1. *Difficulté*

LEWIS ET BIBLOW [53] suggèrent que pour des sujets atteints gravement (3 à 28 FM), en aigüe et en chronique, que le travail bilatéral ne peut pas être bénéfique si la tâche est trop complexe. Pour ce protocole, nous proposons une adaptation permanente de l'aide ajoutée au dispositif afin que la difficulté ressentie par le patient se situe entre 5 et 6 sur une échelle numérique (E.N.) simple allant de 0 à 10, ceci afin de toujours avoir une situation d'exercice favorable à la récupération neuromotrice. Un exercice trop difficile sollicite en

force le côté sain et provoque des à-coups du côté pathologique. Lorsque la difficulté ressentie par le patient est supérieure à 7/10 sur l'E.N., le poids aidant est augmenté. Au contraire, une aide trop importante ne sollicite pas suffisamment le recrutement actif. Lorsque la difficulté cotée est inférieure à 4, le poids aidant est diminué.

5.5.2.2. Fatigabilité

Le second critère suivi est la fatigue dite « attentionnelle » car le patient doit se concentrer intensément durant 30 minutes. Une fatigue supérieure à 7/10 E.N., amène le thérapeute à modifier la durée de la séance ou la difficulté pour certains niveaux.

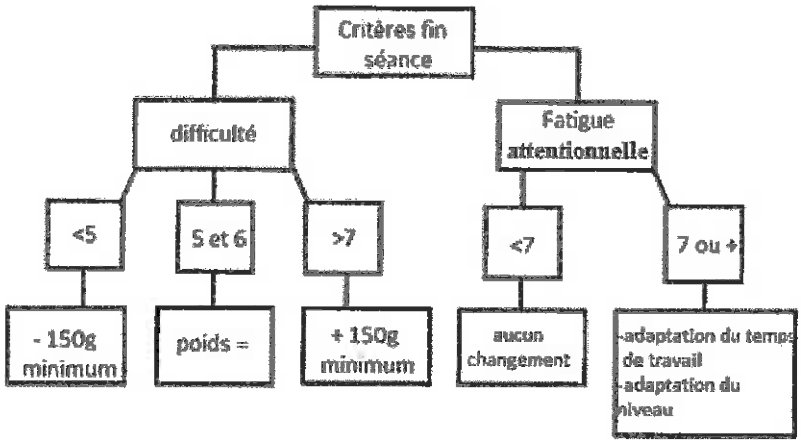


Figure 6 : arbre décisionnel synthétique en fin de séance.

5.5.3. *Critères de suivi hebdomadaire*

Toutes les 5 séances, une séance « test » est organisée pour voir si le patient a les capacités de passer au niveau supérieur. Les éléments recherchés dans cette séance sont le poids aidant et le temps de réalisation des exercices.

5.5.3.1. Poids aidant

Lors des premiers essais du patient sur la machine, un poids aidant est installé, si nécessaire, pour compenser les frottements du tapis et permettre au sujet de tendre le bras sans à-coups [9]. Cette aide de base correspond à l'aide minimale nécessaire (A.M.N.). En cas de difficultés importantes, un poids supplémentaire peut-être ajouté à cette aide. Or l'intérêt de l'exercice repose sur le travail en coordination des deux membres supérieurs : si le patient maitrise bien ses gestes, il n'a pas besoin d'aide supplémentaire. Le premier critère de passage est donc une diminution du poids aidant pour qu'il corresponde à l'aide minimale nécessaire.

5.5.3.2. Temps réalisés

A chaque exercice, le temps réalisé est mesuré par un chronomètre, critère objectif important pour définir l'amélioration du patient. Si le patient parvient à réaliser le niveau sans aide mais en prenant beaucoup de temps, l'entraînement ne présente pas d'intérêt. La vitesse est un critère de progression important pour optimiser l'intérêt du travail bilatéral [25]. Les temps variant pour chaque patient dans la réalisation de l'exercice, il est sa propre référence pour accéder au niveau supérieur. Un pourcentage de gain de temps, par rapport au premier temps réalisé sur l'ensemble des exercices, est la preuve qu'il a évolué dans ses capacités. Arbitrairement est choisie une augmentation d'au moins 25 % de la première somme des temps réalisés comme critère de passage au niveau supérieur. Ce pourcentage peut être amené à être modifiée au cours de futurs tests sur population cérébro-lésée, s'il s'avère être inadapté.

5.5.3.3. Adaptabilité

Le suivi en kinésithérapie demande une adaptation aux patients et à leurs seuils de tolérances (doléances, fatigabilité ...). Le tableau de suivi du livret (**Annexe IV** page 18) et le logiciel (tracé des exercices, murs touchés ...) permettent au thérapeute d'apprécier la réalisation des exercices. En plus des critères quantitatifs (poids et temps), les critères qualitatifs (tracé, murs touchés) sur le travail du patient sont retenus pour le passage au niveau supérieur avec l'aval du kinésithérapeute.

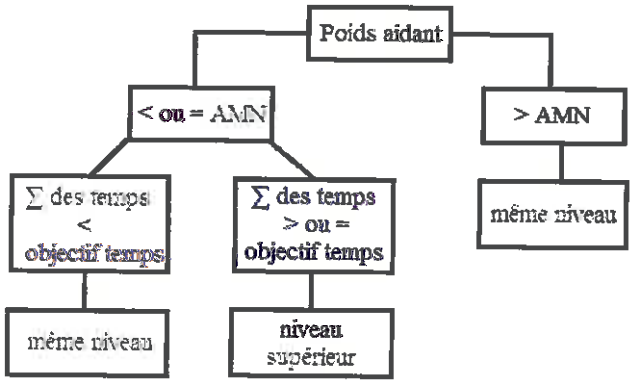


Figure 7 : arbre décisionnel du changement de niveau. AMN : aide minimale nécessaire correspondant à l'aide de base.

5.6. Conception des livrets

Suite à l'élaboration de ce protocole, deux livrets ont été réalisés. Le livret thérapeute explique l'utilisation de la machine et de son feedback notamment l'interface informatique du logiciel. Il comprend également l'ensemble du protocole depuis l'installation du patient jusqu'au suivi journalier et hebdomadaire de son travail. Le livret patient reprend les mêmes points en se concentrant sur les étapes où celui-ci est autonome. Les principes de cet entraînement lui sont expliqués afin de le sensibiliser et de le rendre pleinement acteur de sa rééducation. Les 2 livrets, annexes III et IV, sont transmis avec le mémoire au niveau de la 3ème page de couverture.

6. DISCUSSION

Bien que les effets du B.A.T. soient similaires à ceux du travail unilatéral ou D.M.T.E., le travail sur machine a l'avantage de ne pas nécessiter la présence permanente du thérapeute et d'autonomiser le patient pour qu'il se prenne en charge. Comme le constate BUSCHFORT [13] lors du questionnaire d'évaluation proposé dans son atelier thérapeutique, 90 % des sujets interrogés trouvent le travail sur machines plaisant.

Le manque d'études randomisées contrôlées et l'absence d'évaluations des mêmes critères entre les différentes études rendent complexe la détermination de l'origine des effets remarqués (travail distal ou proximal, travail actif, passif ou assisté, mouvements symétriques ou alternés...) [8]. L'hétérogénéité des protocoles rend la comparaison du travail bilatéral avec d'autres techniques difficile. Les outils proposés pour un entraînement bilatéral sont variés avec des caractéristiques spécifiques mais peu d'étude privilégie le choix d'un type de matériel.

Les différents matériels utilisés en rééducation n'ont pas fait l'objet d'études comparatives. Les publications s'intéressent à mettre en lumière l'intérêt du B.A.T. afin d'améliorer les mouvements unilatéraux. WANG [45], comme d'autres auteurs, émet l'hypothèse que ce type de travail puisse se généraliser aux mouvements unilatéraux du membre lésé suite à la diminution des inhibitions intracorticales bilatérales. Il montre que la généralisation au travail unilatéral est possible lorsque les situations d'entraînement comportent des variations multiples. La plupart des études utilisent des évaluations unilatérales pour objectiver les apports de la thérapie bilatérale. WHITALL [6] rappelle que le membre lésé, qu'il soit à l'origine membre dominant ou non, devient, le plus souvent, un membre d'appoint utilisé dans des tâches bimanuelles. Aussi l'intérêt du travail bilatéral est bien l'entraînement bimanuel (même artificiel) des membres supérieurs et pas forcément l'obtention de capacité unilatérale. Il peut paraitre étonnant de vouloir objectiver les bénéfices du travail bilatéral, sans tester à terme l'amélioration des capacités bimanuelles du sujet et l'utilisation du membre lésé comme membre d'appoint. Parmi les évaluations utilisées, l'auto-questionnaire U.M.A.Q.S. [22, 25, 30, 36] n'est pas suffisamment spécifique, car il inclut des activités aussi bien bimanuelles qu'unimanuelles. Le questionnaire Abilhand est validé depuis

2001 pour l'hémiplégie chronique, afin de tester les activités bimanuelles mais est peu utilisé dans les études : seules 2 études récentes (2012 et 2013) parmi les articles lus [20, 21]. Il s'agit d'une autoévaluation subjective mesurant l'habilité ressentie par le patient lors de 23 activités bimanuelles du quotidien, sans vérification par un thérapeute [54].

Contrairement à la thérapie contrainte, la plupart des auteurs n'accordent pas ou peu de gain fonctionnel à cette approche rééducative. L'amélioration est essentiellement motrice. Pour avoir une généralisation dans les activités de la vie journalière (A.V.J.), il faut une situation d'entraînement fonctionnel du membre [43]. En effet, les déficiences cognitives associées entraînent des difficultés à transférer les apprentissages moteurs dans les A.V.J. L'association de tâches fonctionnelles facilitantes est indispensable. Plusieurs études ajoutent 10 à 15 minutes quotidiennes d'activité fonctionnelle du membre lésé afin de généraliser l'apprentissage par B.A.T. LIAO [21] associe 15 minutes de travail fonctionnel après entraînement sur B.M.T. et montre une augmentation de la fonction motrice, de la coordination bilatérale et de la qualité des mouvements bilatéraux dans les AVJ. Cependant le nombre important de répétitions proposées peut aussi expliquer l'amélioration constatée. D'autres auteurs ont également associé, dans leur protocole, 15 minutes activités fonctionnelles [19, 20, 21]. Les auteurs concluent souvent à la nécessité d'un travail bilatéral conjointement à un travail unilatéral (exemple : [20]) même si cette association n'a pas démontré sa supériorité comparée à la thérapie conventionnelle [31]. L'association du travail sur Armove™ offre au patient un temps d'entraînement majoré de 2 à 4 heures par semaine et peut être proposé dans des ateliers « autonomie ».

L'Armove ne se concentre que sur la partie proximale du membre. En effet, les études montrent régulièrement des améliorations de la fonction motrice proximale. Cependant un membre supérieur sans possibilités fonctionnelles distales n'est pas utilisé. Pour cette raison les études récentes se concentrent aussi sur la partie distale du membre avec le plus souvent des machines type Bi-Manu-Track [11]. De même, le protocole B.A.T.R.A.C., élaboré en première intention, pour la partie proximale du membre est aujourd'hui décliné pour la partie distale du membre [16, 17]. L'intérêt accru au B.A.T. distal s'explique également par le

constat récurrent que les exercices isolés de poignet s'accompagnent de gains moteurs de l'ensemble de membre supérieur (distal et proximal) [11, 19, 22].

La surface corticale correspondant à la main est très étendue et cette réorganisation cérébrale doit être respectée. La place laissée au travail concernant le coude et l'épaule ne doit pas limiter, dans un deuxième temps, la participation de la main. La réorganisation post-lésionnelle suggère l'intérêt de proposer des phases d'entraînement par segment de membre [43]. Pour ces raisons, cette thérapie proposée en proximal ne peut pas se suffire à elle-même et nécessite d'être couplée à une prise en charge rééducative, sollicitant un travail distal même passif.

En conclusion, le B.A.T. n'est pas une activité rééducative qui se suffit à elle-même. Les auteurs concluent souvent à l'intérêt d'ajouter le B.A.T. à la thérapie classique (notamment LATIMER [35]) Cette théorie est peu étudiée dans la littérature, les auteurs privilégiant les recherches sur l'apport du B.A.T. par rapport aux techniques habituelles.

Certaines études [22, 50] montrent que, lors du couplage bimanuel, le membre lésé exerce une influence négative sur le membre sain en dégradant ses performances pour « répondre » au membre lésé. Cette dégradation n'est pas forcément délétère car elle réduit l'asymétrie entre les deux membres ce qui permet d'obtenir des capacités bilatérales améliorées. Les performances unilatérales du membre lésé peuvent aussi être augmentées. SUMMERS [18] montre par T.M.S. qu'une diminution de la surface de représentation corticale de l'hémisphère sain est couplée à une meilleure performance motrice du membre lésé. Cet effet est révélé lors des thérapies contraintes.

De plus, le membre dit « sain » ne l'est pas réellement car 15 à 20 % des fibres cortico-spinales de l'hémisphère lésé ne décussent pas et commandent le membre « sain » (homolatéral). Ce membre présente donc également des capacités diminuées, notamment la dextérité [29]. Ces éléments sont cependant à nuancer car le membre supérieur sain, lorsqu'il s'agit du membre non-dominant, peut faire l'objet d'une relatéralisation en ergothérapie. De même, lorsqu'il s'agit du membre dominant, il est entraîné sur les paramètres de dextérité, rapidité, force ... pour compenser l'absence de motricité controlatérale et réduire au maximum les incapacités au quotidien.

L'Armove est un outil rééducatif dont nous avons choisi de promouvoir l'utilité pour des patients en début de rééducation. Cependant, comme tout outil, il peut être utilisé selon les buts recherchés pour d'autres fins. Dans les tableaux d'hémiparésie ou hémiplégies avec une récupération musculaire initiale présente, l'outil favorise, que le travail soit facilité ou résisté, l'activité en endurance du membre supérieur, sollicite la musculature de ce membre ou lutte contre les schémas syncinétiques. Chez les patients héminégligents, il est intéressant d'utiliser le feedback informatique afin de stimuler l'exploration visuelle, en plus de l'intégration motrice du membre lésé. Pour des patients avec syndrome cérébelleux, l'interface stimule la coordination des membres supérieurs, le contrôle des tremblements d'actions et la dysmétrie. Une grande variabilité d'utilisation de l'outil peut-être proposée en fonction des indications posées pour chaque patient, ce qui en fait un outil original et intéressant.

Le manque de recul actuel, et l'impossibilité de suivre les patients sur du long terme nous empêchent de conclure à l'intérêt du protocole établi pour le moment. Les problèmes informatiques et mécaniques rencontrés n'ont pas permis de tester la population cible mais ont fait évolué l'outil en remplaçant le mécanisme actuel par un mécanisme plus fluide (roulement à bille). La machine doit être testée avec le protocole établi après les améliorations souhaitées pour ne pas risquer de contrainte néfaste pour l'épaule. Un questionnaire Abilhand peut être proposé pour suivre la réponse du patient au travail bilatéral. Le livret patient doit également être présenté aux sujets inclus afin de rendre compte de sa clarté. Notre objectif actuel, en l'attente d'une machine efficiente, est de simplifier au maximum le protocole en informatisant le tableau de suivi et en offrant la possibilité d'un calcul Excel des valeurs cibles (des temps à réaliser pour le passage au niveau supérieur).

7. CONCLUSION

Actuellement les preuves sont insuffisantes pour recommander le B.A.T. [3, 8] et avancer que le travail bilatéral n'est pas plus efficace que le travail unilatéral. Il est cependant à la portée de tous les patients et présente des avantages fréquemment décrits dans la littérature. Même en phase chronique, il stimule la plasticité cérébrale en activant de nombreuses zones bilatérales quand le travail unilatéral n'active que l'hémisphère lésé. De plus, le modèle de mouvement proposé par le membre sain favorise le réapprentissage de schémas moteurs en limitant les compensations. Dans le cadre d'un travail proximal, la limitation des compensations peut être obtenue en contraignant le tronc, l'obligeant ainsi à sortir des schémas préférentiels et en sollicitant un allongement en extension du membre supérieur.

Ces outils intéressants sont malgré tout parfois très coûteux et leurs avantages, notamment fonctionnels, ne se dégagent pas des autres techniques. L'optimisation du travail bilatéral s'associe aux programmes d'activités fonctionnelles. Le B.A.T. est un mode d'exercice venant en complément de la rééducation conventionnelle proposée. L'objectif étant d'éviter la « non-utilisation acquise ».

La proposition d'un travail bilatéral dépend des objectifs fixés avec le patient. Lors d'une récupération motrice pauvre, le membre lésé doit être sollicité comme membre d'appoint et sera utilisé spécifiquement en bimanuel avec le membre sain. Dans ce cas, le travail bilatéral est conseillé, l'utilisation préférentielle du côté sain augmente l'inhibition corticale du côté lésé. Dans le cas d'une récupération motrice favorable, la généralisation possible du B.A.T., favorisant secondairement les activités unimanuelles du membre lésé, en fait un mode d'exercice intéressant. En revanche, lors de capacités motrices suffisantes pour travailler le membre supérieur lésé seul, le travail unilatéral doit être privilégié car il présente un meilleur intérêt pour la récupération de la fonction distale.

Les conclusions apportées par la littérature ont permis de définir les principes d'entraînement de l'Armove™. La population ciblée possède de faible capacité de commande musculaire. Le travail proposé s'effectue durant la phase subaigüe le plus souvent dans le but de guider la récupération motrice. L'activité bilatérale et la contrainte de tronc limitent les attitudes syncinétiques du membre lésé et oriente le travail sur la répétition de mouvements de transport de la main correctement réalisés dans l'espace. Cette activité est indispensable pour un membre supérieur fonctionnel.

BIBLIOGRAPHIE

1. Ministère des affaires sociales. Les chiffres clés de l'AVC [en ligne] 25/10/2013. Disponible sur : http://www.sante.gouv.fr/les-chiffres-cles-de-l-avc.html (Page consulté le 06/12/2013).

2. France AVC. L'AVC en chiffres [en ligne] 2013-2014. Disponible sur : http://www.franceavc.com/?rep=avc_infos&rub=prevenir&comp=7 (Page consulté le 06/12/2013).

3. HAS. Accident vasculaire cérébral : méthodes de rééducation de la fonction motrice chez l'adulte [en ligne] 20/11/2012. Disponible sur : http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2012-11/11irp01_argu_avc_methodes_de_reeducation.pdf (Page consulté le 20.08.2013).

4. **MUDIE M. H., MATYAS T. A.** - Upper extremity retraining following stroke: effects of bilateral practice. Neurorehabilitation and Neural Repair, 1996, 10, 3, p. 167 – 184.

5. **MUDIE M. H., MATYAS T. A.** - Can simultaneous bilateral movement involve the undamaged hemisphere in reconstruction of neural networks damaged by stroke? Disability and Rehabilitation, 2000, 22, 1-2, p. 23 – 37.

6. **MC COMBES WALLER S., WHITALL J.** - Bilateral arm training : why and who benefits? Neurorehabilitation, 2008, 23, 1, p.29 – 41.

7. **COUPAR F., POLLOCK A., Van WIJCK F., MORRIS J., LANGHORNE P.** - Simultaneous bilateral training for improving arm function after stroke. Cochrane Database of Systematic Reviews, 2010, 4, Article ID CD006432.

8. **VAN DELDEN A. E. L., PEPER C. E., KWAKKEL G., BEEK P. J.** - A Systematic Review of Bilateral Upper Limb Training Devices for Poststroke Rehabilitation. Stroke Research and Treatment, 2012, Article ID 972069, 17 pages.

9. **MUSATO**, Ludivine. Le travail bilatéral symétrique des membres supérieurs chez le patient hémiplégique : élaboration d'un protocole d'entrainement sur le Slide™. Mémoire en vue de l'obtention du Diplôme d'Etat de masseur-kinésithérapeute. Nancy : ILFMK, 2011-2012.

10. **STOYKOV M. E., STINEAR J. W.** - Active-passive bilateral therapy as a priming mechanism for individuals in the subacute phase of post-stroke recovery: a feasibility study. American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation, 2010, 89, 11, p. 873 - 878.

11. **HESSE. S., WERNER. C., POHL.M., RUECKRIEM. S., MEHRHOLZ J., LINGNAU M. L.** - Computerized arm training improves the motor control of the severely affected arm after stroke: a single-blinded randomized trial in two centers. Stroke, 2005, 36, 9, p. 1960 - 1966.

12. **HESSE S., SCHMIDT H., WERNER C., RYBSKI C., PUZICH U., BARDELEBEN A.** - A new mechanical arm trainer to intensify the upper limb rehabilitation of severely affected patients after stroke: design, concept and first case series. Europa Medicophysica, 2007, 43, 4, p. 463 - 468.

13. **BUSCHFORT R. BROCKE J. HESS A. WERNER C. WALDER A. HESSE S.** - Arm studio to intensify upper limb rehabilitation after stroke: concept, acceptance, utilization and preliminary clinical results. Journal of Rehabilitation Medicine, 2010, 42, 4, p. 310 - 314.

14. **SIMKINS M., KIM H., ABRAMS G. BYL N., ROSEN J.** - Robotic Unilateral and Bilateral Upper-Limb movement training for stroke survivors afflicted by chronic hemiparesis. IEEE International Conference on Rehabilitation Robotics, 2013, 13, 978-1-4673-6024-1.

15. **LIN K.-C., CHEN Y.-A., CHEN C.-L., WU C.-Y., CHANG Y.-F.** - The effects of bilateral arm training on motor control and functional performance in chronic stroke: a randomized controlled study. Neurorehabilitation and Neural Repair, 2010, 24, 1, p.42–51.

16. **VAN DELDEN A. E. Q., PEPER C. E., NIENHUYS K. N., ZIJP N. I., BEEK P. J., KWAKKEL G.** - After Stroke Clinical Trial Unilateral Versus Bilateral Upper Limb Training After Stroke: The Upper Limb Training. Stroke, 2013, 44, p.2613-2616.

17. **VAN DELDEN A. E.Q., PEPER C.E., HARLAAR J., DAFFERTSHOFER A., ZIJP N. I., NIENHUYS K., KOPPE P., KWAKKEL G., BEEK P. J.** - Comparing unilateral and bilateral upper limb training: The ULTRA-stroke program design. BMC Neurology, 2009, 9, 57.

18. **SUMMERS J. J., KAGERE F. A., GARRY M. I., HIRAGA C.Y., LOFTUS A., CAURAUGH J.H.** - Bilateral and unilateral movement training on upper limb function in chronic stroke patients: a TMS study. Journal of the Neurological Sciences, 2007, 252 p.76 – 82.

19. **WU C-Y., YANG C-L., CHUANG L-L., LIN K-C., CHEN H-C., CHEN M-D., HUANG W-C.** - Effect of therapist-based versus robot-assisted bilateral arm training on motor control, functional performance, and quality of life after chronic stroke: a clinical trial. Physical Therapy, 2012, 92, 8, p.1006 – 1016.

20. **WU C-Y., YANG C-L., CHEN M-D., LIN K-C., WU L-L.** - Unilateral versus bilateral robot-assisted rehabilitation on arm-trunk control and functions post stroke: a randomized controlled trial. Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, 2013, 10, 35.

21. **LIAO W-W., WU C-Y., HSIEH Y-W., LIN K-C., CHANG W-Y.,** - Effects of robot-assisted upper limb rehabilitation on daily function and real-world arm activity in patients with chronic stroke: a randomized controlled trial. Clinical Rehabilitation, 2012, 26, 2, p.111–120.

22. **MCCOMBE WALLER S., WHITALL J.** - Fine motor control in adults with and without chronic hemiparesis: baseline comparison to nondisabled adults and effects of bilateral arm training. Archives of Physical Medicine Rehabilitation, 2004, 85, p.1076 – 1083.

23. **STOYKOV M. E., LEWIS G. N., CORCOS D. M.** - Comparison of bilateral and unilateral training for upper extremity hemiparesis in stroke. Neurorehabilitation and Neural Repair, 2009, 23, 945.

24. **WU C-Y., HSIEH Y-W., LIN K-C., CHUANG L-L., CHANG Y-F., LIU H-L., CHEN C-L., LIN K-H., WAI Y-Y.** - Brain Reorganization after Bilateral Arm Training and Distributed Constraint-induced Therapy in Stroke Patients : A Preliminary Functional Magnetic Resonance Imaging Study. Chang Gung Medicine Journal, 2010, 33, 6, p. 628 – 638.

25. **LIU W., MCCOMBE WALLER S., KEPPLE T. M., WHITALL J.** – Compensatory arm reaching strategies after stroke: Induced position analysis. Journal of Rehabilitation Research and Development, 2013, 50, 1, p.71–84.

26. **WHITALL J., MCCOMBE WALLER S., SORKIN J. D. FORRESTER L. W., MACKO R. F., HANLEY D. F., GOLDBERG A. P., LUFT A.** – Bilateral and unilateral arm training improve motor function through differing neuroplastic mechanisms: a single-blinded randomized controlled trial. Neurorehabilitation and Neural Repair, 2011, 25, 2, p. 118–129.

27. **VAN DELDEN A. E. Q., PEPER C. E., BEEK P. J., KWAKKEL G.**. - Unilateral versus bilateral upper limb exercise therapy after stroke: A systematic review. Journal of Rehabilitation Medicine, 2012, 44, 2, p.106–117.

28. **MORRIS J. H., VAN WIJCK F., JOICE S., OGSTON S. A., COLE I., MACWALTER A. R. S.** - A comparison of bilateral and unilateral upper-limb task training in early poststroke rehabilitation: a randomised controlled trial. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 2008, 89, p.1237 – 1245.

29. **MORRIS J. H., VAN WIJCK F.** - Responses of the less affected arm to bilateral upper limb task training in early rehabilitation after stroke: a randomized controlled trial. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 2012, 93, p.1129 – 1137.

30. **LUFT A. R., MCCOMBE-WALLER S., WHITALL J., FORRESTER L. W., MACKO R., SORKIN J. D., SCHULZ J. B., GOLDBERG A. P., HANLEY D. F.** - Repetitive bilateral arm training and motor cortex activation in chronic stroke. JAMA, 2004, 292, p.1853 – 1861.

31. **DESROSIERS J., BOURBONNAIS D., CORRIVEAU H., GOSSELIN S., BRAVO G.** - Effectiveness of unilateral and symmetrical bilateral task training for arm during the subacute phase of stroke: a randomised controlled trial. Clinical Rehabilitation, 2005, 19, p. 581 – 593.

32. **MUDIE M. H., MATYAS T. A.** - Responses of the densely hemiplegic upper extremity to bilateral training. Neurorehabil Neural Repair, 2001, 15, 2, p. 129-140.

33. **LUM P. S., BURGAR C. G., VAN DER LOOS M., SHOR P. C., MAJMUNDAR M., YAP R.** - MIME robotic device for upperlimb neurorehabilitation in subacute stroke subjects: a followup study. Journal of Rehabilitation Research and Development, 2006, 43, 5, p. 631 – 642.

34. **BURGAR C. G., LUM P. S., SCREMIN E. A. M., GARBER S. L., VAN DER LOOS H. F. M., KENNEY D., SHOR P.** – Robotassisted upper-limb therapy in acute rehabilitation setting following stroke: department of veterans affairs multisite clinical trial. Journal of Rehabilitation Research and Development, 2011, 48, 4, p. 445 – 458.

35. **LATIMER C. P., KEELING J., LIN B., HENDERSON M., HALE L. A.** - The impact of bilateral therapy on upper limb function after chronic stroke: a systematic review. Disability and Rehabilitation, 2010, 32, 15, p. 1221 – 1231.

36. **WHITALL J., WALLER S. M., SILVER K. H. C., MACKO R. F.** - Repetitive bilateral arm training with rhythmic auditory cueing improves motor function in chronic hemiparetic stroke. 2000, Stroke, 31, 10, p. 2390 – 2395.

37. **RICHARDS L. G., SENESAC C. R., DAVIS S. B., WOODBURY M. L., NADEAU S. E.** - Bilateral Arm Training With Rhythmic Auditory Cueing in chronic stroke: not always efficacious. Neurorehabil Neural Repair, 2007, 22, 2, p.180-184.

38. **SULLIVAN K. J., TILSON J. K., CEN S.Y., ROSE D. K., HERSHBERG J., CORREA A., GALLICHIO J., MCLEOD M., MOORE C., WU S. S. DUNCAN P. W.** - Procedure for Clinical Practice and Clinical Trials Fugl-Meyer Assessment of Sensorimotor Function After Stroke: Standardized Training. Stroke, 2011, 42, p.427-432.

39. **WOLF S. L., CATLIN P. A., ELLIS M., ARCHER A. L., MORGAN B., PIACENTINO A.** - Assessing wolf motor function test as outcome measure for research in patients after stroke. Stroke, 2001, 32, p.1635-1639.

40. **PELTIER M., CANNIZZO V.** – Evaluation fonctionnelle du membre supérieur du patient hémiplégique L'Action research arm test (ARA) Le Motor activity log (MAL). Kinésithérapie scientifique, 2004, 450, p.25 – 29.

41. **CAURAUGH J. H., LODHA N., NAIK S. K., SUMMERS J. J.** - Bilateral movement training and stroke motor recovery progress: A structured review and meta-analysis. Human Movement Science, 2010, 29, p. 853–870.

42. **LIN K-C., CHANG Y-F., WU C-Y., CHEN Y-A.** - Effects of Constraint-Induced Therapy Versus Bilateral Arm Training on Motor Performance, Daily Functions, and Quality of Life in Stroke Survivors. Neurorehabilitation and Neural Repair, 2009, 23, 5, p.441- 448.

43. **ANDRE J-M., DIDIER J-P., PAYSANT J.** - Plasticité et activité : l'activité musculaire médiatrice réciproque de la plasticité post-lésionnelle du système nerveux et ses effecteurs. In Didier J-P. La plasticité de la fonction motrice. Paris : Springer-Verlag France, 2004, p.341- 383. Collection de l'académie européenne de médecine et réadaptation, 1.

44. **MECHSNER F., KNOBLICH G.** - Do muscles matter for coordinated action ? Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 2004, 30, 3, p. 490 –503.

45. **WANG J., LEI Y., XIONG K., MAREK K.** - Substantial generalization of sensorimotor learning from bilateral to unilateral movement conditions. PLoS ONE, 2013, 8, 3, e58495.

46. **POLLOCK A., MORRIS J., VAN WIJCK F., COUPAR F., LANGHORNE P.** - Response to Cauraugh, J. H., et al. Bilateral movement training and stroke motor recovery progress : A structured review and meta-analysis. Human Movement Science, 2011, 30, p.143–146.

47. **OUJAMAA L., RELAVE I., FROGER J., MOTTET D., PELISSIER J.-Y.** - Rééducation de la préhension après hémiplégie vasculaire. Revue de la littérature. Annals of Physical and Rehabilitation Medicine, 2009, 52, p. 269–293.

48. **KWAKKEL G.** Impact of intensity of practice after stroke : issues for consideration. Disabil Rehabil. 2006, 28, p.823 – 830.

49. **FLOEL A., NAGORSEN U., WERHAHN K. J., RAVINDRAN S., BIRBAUMER N., KNECHT S., COHEN L. G.** - Influence of somatosensory input on motor function in patients with chronic stroke. Annals of Neurology, 2004, 56, 2, p.206 – 212.

50. **CAURAUGH J. H., SUMMERS J. J.** - Neural plasticity and bilateral movements: a rehabilitation approach for chronic stroke. Progress in Neurobiology, 2005, 75, p.309 - 320.

51. **STINEAR C. M., BARBER P. A., COXON J. P., FLEMING M. K., BYBLOW W. D.** - Priming the motor system enhances the effects of upper limb therapy in chronic stroke. Brain, 2008, 131, p.1381-1390.

52. **ROBERTSON J., ROBY BRAMI A.** - Rôle du tronc dans la compensation motrice chez les patients post-AVC : de l'analyse du mouvement à la validation des applications cliniques. In BUSSEL B., ROBY BRAMI A., DESPLAN J., PRIGENT H. Evaluation des méthodes de rééducation. Neuilly sur Seine : GM SANTE, 2009. p. 51-56.

53. **LEWIS G.N., BYBLOW W.D.** - Neurophysiological and behavioural adaptations to a bilateral training intervention in individuals following stroke. Clin Rehabil, 2004, 18, p.48–59.

54. UCL. ABILHAND – Downloads [en ligne] 2007 Disponible sur : http://www.rehab-scales.org/abilhand-downloads.html (Page consulté le 16.03.2014)

ANNEXES

Annexe 1 : Tableau récapitulatif d'articles

Annexe 2 : Exemples d'outil de travail bilatéral

Annexe 3 : Livret thérapeute

Annexe 4 : Livret patient

Annexe I :

Tableau récapitulatif d'articles

Auteurs	Nombre d'inclusion et critères	Délai post-AVC	Modalités d'évaluation	Outil testé / utilisé	Protocole	Résultats	Points discutés
Stoykov 2010 [10]	**4 patients** -2 patients Tests (T) -2 patients Contrôles (C) ->1T et 1C avec bon score FM ->1T et 1C avec mauvais score FM FM entre 8 et 25 Spasticité ≤ 3	Phase subaigüe **≤ 6 semaines** post-AVC	**FM** **ARATS** Réalisées par le kiné qui suit le programme.	**The Rocker** (Machine mécanique seul) BAT de flexion/extension des **poignets** Les mouvements côté sain entraînent le côté lésé.	5 fois par jour, pendant 1 à 3 semaines Patients T et C reçoivent 20 à 30 min d'exercices moteurs classiques 1 à 2 fois par jour Patients T reçoivent 10 min de **d'Active-Passive Bilateral Therapy** supplémentaires par séance	Des gains pour tous les participants mais des **gains meilleurs chez les patients T** (BAT) Bonne adjuvant, sans danger même en aigüe	- part de la neuroplasticité - faiblesse du nombre de patients - absence de double aveugle -temps de travail plus long pour le groupe avec BAT que le groupe contrôle.
Hesse 2005 [11]	44 Patients - FM<18 - **Déficit sévère** (MRC 0 ou 1) : muscles absents ou uniquement contractions volontaires palpables sans mouvements - Pas de spasticité sévère (aucune cotation citée) - Pas de douleurs d'épaule, ni des autres articulations - Pas d'apraxie	Phase subaigüe (recrutement entre 4 et 8 semaines post-AVC)	Avant et après entraînement et à 3 mois de l'entraînement. FM MRC Ashworth modifié	**Bi-Manu-Track (machine robotisée)** BAT de prono-supination des avant-bras et flexion-extension des poignets. Modes **passif, actif-passif** (MS sain entraine le lésé) et **actif** contre résistance en début de mouvement.	20 min par jour, pendant 6 semaines BAT Mode passif : 200 répétitions pour la prono-supination, 200 pour la flexion / extension Mode actif-passif : idem Mode actif contre résistance : 25 à 50 répétitions par gestes Association du BAT à l'électrostimulation (ES). (quand le muscle s'est suffisamment contracté selon le trigger ajusté progressivement, l'ES se déclenche pour faire ou compléter le mvt initié). L'ES est couplé à l'EMG, feedback pour l'intensité de la contraction.	BATRAC > électrostimulation pour le contrôle et la force du membre supérieur Gain maintenu à 3mois. Pas d'amélioration de la spasticité	Le groupe ES réalise 10X moins de répétitions des mouvements d'extension de poignet (1800 à 2400 extensions contre 12000 à 24000 en BAT) Sur 5 héminégligents, seul 3 ont eu une augmentation de leurs FM Le travail robot-assisté **améliore** le contrôle et la fonction musculaire du membre supérieur pas uniquement en distal mais **aussi en proximal** (épaule et coude)
Hesse 2007 [12]	2 patients Critères d'inclusion identiques à l'étude précédente (Hesse 2005)	Phase subaigüe 4 à 8 semaines post-AVC	FM MRC sum score (0-45) Ashworth sum Score (0-25) (somme des cotations en ashworth modifié de l'adducteur d'épaule et fléchisseurs de coude, poignet, doigts et du pouce)	**Reha-slide** (machine mécanique) BAT **symétrique** de flexion/extension des **coudes**, abduction/adduction d'**épaules** et flexion/ extension des poignets. Feedback informatisé sous forme de jeux.	30 min par jour, 5 fois par semaine, pendant 6 semaines. 50 fois chaque mouvement, 400 mouvements par séance Puis le patient peut utiliser le feedback informatique. Thérapie associée à 4 séances de kiné et 3 séances de thérapie occupationnelle (45min) par semaine (essentiellement restauration de la posture, de la marche et travail des compensations par le membre sain dans les AVJ)	Cas 1 : 71 ans hémiplégique gauche, légère héminégligence FM à 7 (motricité d'épaule uniquement), MRC à 6 Ashworth à 1 Au terme des 6 semaines : FM 37 (23 pour l'épaule, 14 pour le poignet), MRC à 36 et Ashworth à 4 Cas 2 : 61ans, hémiplégique droite, aphasie de Wernicke FM 17 (14proximal, 3distal), MRC à 13 et Ashworth à 2 Au terme des 6semaines : FM 43 (27 proximal, 16 distal), MRC à 39 et Ashworth à 4	15 mouvements sont réalisés, si pas de gênes reportées le protocole est appliqué sinon l'installation est revue. Pas d'effet négatif reporté à part une faible douleur transitoire de poignet pour le cas 1 et des douleurs transitoires d'épaule les 2 premières semaines pour le cas 2

Auteurs	Nombre d'inclusion et critères	Délai post-AVC	Modalités d'évaluation	Outil testé / utilisé	Protocole	Résultats	Points discutés
Buschfort (et Hesse) 2010 [13]	119 patients, 24 évalués -membre supérieur non fonctionnel ou très faiblement (basé sur l'observation clinique du patient à l'habillage, au repas et à la toilette) -spasticité <3 -pas de douleurs de l'épaule hémiplégique -pas d'autres troubles neurologique ou orthopédique -peut suivre une consigne -**1ere essai sur machines concluant** - main non enflée	Phase Subaigüe et chronique	Pour les mesures préliminaires 3 groupes formés : Gpe A : (n=6) FM<14 Gpe B : (n=6) FM entre 14 et 34 Gpe C : (n=12) FM 34 < Mesure de ARAT pour groupe C, FM pour groupes A et B et questionnaire de satisfaction ciblée	Un **studio thérapeutique** comprend 6 ateliers avec : -Bi-Manu-Track -Reha-digit (machine d'entraînement electromécanique pour les doigts) -Reha-slide -Reha-slide duo (idem reha-slide mais les deux poignées sont independantes et permettent des mvts symétriques et alternés)	30 à 45 min/jour 5 jour /semaine pendant 3 semaines + 4 sessions par semaine de 30min de kiné + 3 sessions individuelles de 30min d'ergothérapie	Amélioration de tous les groupes sur le FM et notamment le groupe le plus sévèrement atteint (groupe A : FM initial à 8,5 et final à 21,2) **Satisfaction globale des patients interrogés sur le studio** (beaucoup ont aimé ou aimé participer). La plupart sont d'accord pour dire qu'ils ont pu travailler en toute indépendance et que la supervision des thérapeutes était bonne A l'exception de 2 patients, tous recommanderaient ces ateliers à d'autres patients	Les patients du groupe le plus sévèrement atteint ont une réduction de la spasticité de leurs muscles. C'est aussi le groupe qui a eu la meilleure amélioration du FM Les groupes moyennement et modérément atteint constatent une amélioration de l'utilisation de la main dans les AVJ
Simkins 2013 [14]	5 patients MMSE >18 FM entre 16 et 39	Chronique >6 mois post-AVC	- Goniométrie d'épaule, coude, poignet - FM - Force de préhension au Jamar - Tests de Coordination/rapidité (Ex: Box and block) - Tests psycologiques (ex : pain scale, beek depression inventory)	**EXO-UL7** : 2 exosquelettes pour l'ensemble des membres supérieurs. Le MS lésé est guidé par le robot (en suivant l'image du MS sain) sans jamais contraindre le bras lésé à suivre un mvt. Le MS lésé travail contre pesanteur. Il est couplé à un logiciel de 7 jeux thérapeutiques	90min/ jour, 2jour /semaine, pendant 12 semaines Chacun des 7jeux dure 10 à 15min Comparaison entre: - mouvements **bilatéraux et symétriques** avec l'EXO-UL7 - mouvements unilatéraux avec EXO-UL7 du membre parétique - TTT standard dont les buts sont de maintenir un bon alignement postural, réduire la spasticité et améliorer les performances motrices par des tâches fonctionnelles	Tous les patients ont montrés une augmentation significative dans leur contrôle moteur fin et global Les patients ayant reçu le TTT standard ou bilatéral ont une augmentation significative des **amplitudes d'épaule et de la force musculaire** L'**ajout** d'un travail bilatéral ou unilatéral, selon le niveau de contrôle moteur, **au travail standard pourrait optimiser le contrôle moteur**	Le travail bilatéral semble supérieur à l'unilatéral dans cette article, mais pour le travail unilatéral l'assistance robotisé est nul (sauf pour 1 jeu) alors que dans le travail bilatéral l'aide est apporté tout au long du jeu car le membre sain guide le lésé Les améliorations constatées se situent au niveau de l'épaule et pas du coude, du poignet ou des doigts
Lin 2010 [15]	33 patients - Brunnstrom stage III pour la partie distal et proximal du membre supérieur - MMSE>24 - spasticité ≤ 2 - pas d'autre trouble musculaire, orthopédique ou neurologique	Chronique >6mois Jusqu'à 67 mois après AVC	FM MAL MIF Analyses cinématiquos temporelle et spatiale stratégies de mvts : distance de déplacement, rapidité, à-coups (pics de vitesse)	Pas d'utilisation de machine spécifique. BAT : mouvements symétriques dans des **tâches fonctionnelles.**	2 h/jour, 5 jours/semaine pendant 3 semaines Comparaison : - BAT (n=16) - Dose-matched standard occupational therapy (n=17): contrôle bras-tronc, soulevé de poids, tâches motrices fines, apprentissage de stratégies compensatoires.	Le BAT améliore le **contrôle spatiotemporel** des tâches bilatéral et unilatéral. Le BAT permet une augmentation du FM mais pas de la MAL ou MIF.	Le BAT doit être utilisé **pour améliorer le contrôle moteur et la fonction motrice** mais pas dans un but fonctionnel pur

Auteurs	Nombre d'inclusion et critères	Délai post-AVC	Modalités d'évaluation	Outil testé / utilisé	Protocole	Résultats	Points discutés
Van Delden 2013 [16]	60 patients (3 groupes) - Pas de limitation orthopédique - ARAT <53pts - MMSE >23 - mouvements actifs minimaux du poignet et des doigts (10°extension poignet, 10°abduction / extension du pouce et 10°extension pour au moins 2 autres doigts)	Phase subaigüe Dans les 1 à 6 mois post-AVC	ARAT Tests avant, après et 6semaines après l'entraînement	BAT : machine mécanique de travail symétrie et alternée **BATRAC modifié** pour le travail distal du membre sup (flexion/extension des poignets) Feedback permis par un métronome	1heure 3X/semaine pendant 6semaines Comparaison : - BAT : 3min travail suivis de 5min repos - Thérapie contrainte : même temps de travail + contrainte par moufle 6h/jours - DMCT (dose-matched conventionnal tharapy) selon les listes proposées par la Royal Dutch Society of Physical Therapy et Dutch Society of Occupational Therapy. Sont invités à pratiquer les exercices appris à la maison en plus des séances	Résultats améliorés et comparables pour tous les groupes. Le gain est maintenu à 6semaines	En aigüe, on ne connait pas la part de récupération spontanée des patients. Les résultats suggèrent que **l'intensité de la rééducation est plus importante que la méthode choisie**
Van Delden 2009 [17]	60 patients -1 er AVC -motricité active minimale du poignet et des doigts : au moins 10° d'ext de poignet, 10°abd/ext pouce et 10° ext de 2doigts supplémentaire) -> entre dans le groupe BATRAC ou DMTE Si parviens à faire une extension active de toutes les MP, IPP et IPD + 20° d'extension de poignet -> entre dans le groupe de thérapie contrainte - ARAT<53pts - Pas de limitation orthopédique - MMSE>24	Subaigüe (AVC < 6 mois)	Evaluation avant, après (n=55) et 6 semaines (n=52) après entraînement Magnétoencéphalogramme ARAT FM Motricity index Nine hole peg test(dextérité entre membre sain et lésé) MAL Stroke Impact Scale (autoquestionnaire sur l'impacte globale de l'AVC pour le patient : cognitif, moteur et psychique)	**BATRAC modifié** pour le travail distal du membre supérieur Feedback informatisé (courbes de coordination des membres et amplitudes à atteindre) + métronome (réglé à la vitesse maximale à laquelle le patient peut réaliser confortablement 3 min consécutives de travail) Vitesse progressive selon les séances	60min, 3jours/semaine pendant 6 semaines BATRAC 1 exercice différent par jour parmi : -mvt de Fl/Ext symétrique (Fl au mmt du repère sonore) -mvt de Fl/Ext symétrique (Ext au mmt du repère sonore) -mvt asymétrique -> mvt droite /gauche sur le rythme (fl gche/ ext droite et inversement) -sans l'outil : mains posées à plat sur la table, taper au rythme de la musique. Encourager à faire des mvts rythmés en dehors des séances Thérapie contrainte modifié : contrainte 6h/j par moufle + 60 min d'entraînement de tâches fonctionnelles de la main (pinces, mvts globaux, manip fines de la main, mvt des AVJ) Thérapie conventionnelle	Les 3 groupes présentent des résultats similaires	**L'intensité du travail actif** (répétitions) du membre supérieur hémiparétique semble **plus importante** que le choix de l'entraînement Certains patients ne rentrant pas dans les critères de la thérapie contrainte au départ de l'intervention auraient pu par la suite y participer du faite de la récupération spontanée Part de la récupération spontanée ?

Auteurs	Nombre d'inclusion et critères	Délai post-AVC	Modalités d'évaluation	Outil testé / utilisé	Protocole	Résultats	Points discutés
Summers 2007 [18]	12 patients La plupart des mvts sont présents mais déficit de fonction par rapport au côté controlatéral (atteinte légère / bonne capacité de départ) Pas de trouble cognitif	Phase subaigüe et chronique au moins 3 mois post-AVC	- MAS (score fonctionnel du MS et score de la main) - Vitesse et temps des mouvements - Amplitudes d'épaule et coude durant les mvts - TMS	Déplacer des chevilles en bois 50 fois d'une table à une étagère	1 session de 50 mvts / jour pendant 6 jours. Comparaison : - BAT : symétrique (les deux mains en même temps) - Travail unilatéral : même exercice qu'avec la main hémiplégique.	CCL des auteurs : Le BAT permet la réduction du temps des mvts du membre lésé, et améliore les capacités fonctionnelles du MS lésé par rapport au travail unilatéral. Les améliorations fonctionnelles sont corrélées par un changement de la représentation cortical des muscles ciblés dans l'hémisphère sain. (1ere étude à montrer une **diminution du volume de la représentation corticale** dans **l'hémisphère sain** couplée à de **meilleures performances du membre lésé**)	Une intervention par BAT peut faciliter la fonction du MS chez un patient chronique. Cependant les gains fonctionnels montrés sont surement dû à l'activité fonctionnelle employée (ce qui renforce l'idée d'**ajouter une activité fonctionnelle au BAT classique).**
Wu 2012 [19]	42 patients FM modéré à moyen (26 à 66) Spasticité ≤2 (Ashworth modifié) MMSE ≥22 Pas d'autre affection neurologique, neuromusculaire ou orthopédique.	Phase chronique (> 6 mois post-AVC)	FM MAL Stroke Impact scale Analyse cinématique vidéo : - le sujet doit unilatéralement appuyer sur une sonnette avec l'index - pour le BAT : ouvrir un tiroir avec la main lésé et prendre un objet dedans avec la main saine.	Robot BAT : Bi-Manu-Track avec feedback par des jeux sur ordinateur. BAT fonctionnel symétrique : tâches orientées à deux mains (porter de tasses, déplacements de blocs) en actif. S'il le faut aide par le thérapeute. Feedback par le thérapeute qui donne des indications sur la qualité des gestes : compensation de tronc, vitesse d'exécution et sur le résultat (cible atteinte ou manquée).	90 à 105min/j, 5j/semaine pendant 4 semaines. BAT + 15/20 min W fonctionnel + 5min de lutte contre la spasticité RBAT : 30min de passif puis actif-passif suivi de 10min d'actif résisté par mvts + 15/20min de W fonctionnel bilatéral et unilatéral + 5 min de lutte contre la spasticité Groupe contrôle : dans le même temps réalise des portés de poids, étirements, coordination, tâches fonctionnelles, compensations ...	**BAT** > CT et RBAT pour la rapidité, la **fluidité**, mvt de tronc plus droit, moins de **compensation de tronc**. Et BAT > CT pour score FM à la partie distale. **RBAT** > CT et BAT pour augmentation de la flexion d'épaule et RBAT>CT pour la SIS (force, fonction motrice et score total) RBAT montre aussi un **gain moteur proximal** malgré travail distal. Le RBAT **pourrait** diminuer la spasticité. Augmentation significative des résultats de FM distal pour les 3 groupes. Gain en flexion d'épaule mais jamais en extension de coude du fait des synergies épaule-coude ! Aucun gain dans la MAL.	Le BAT montre plus d'amélioration que le RBAT car grâce aux feedbacks verbaux, le patient travaille par apprentissage essai-erreur. Le travail des deux bras ensemble permet un modèle spatiotemporel correct où le déplacement du tronc est minimal. Il est alors possible de travailler la coordination bras-tronc. En revanche, le RBAT est ici distal, il y a peu de mise en jeu du tronc donc pas d'apprentissage correct de la coordination bras-tronc. Le choix du test bilatéral n'a pas été judicieux car comporte une séquence de mvt et non un travail symétrique comme l'entraînement. De plus la vitesse choisie est celle souhaitée par le patient et non la plus rapide donc le test n'a pas été assez sensible pour mettre en évidence un gain quel qu'il soit.
Wu 2013 [20]	53 patients ÷3groupes Score modéré au FM : 20 à 66 Spasticité ≤3 MMSE >22	AVC chronique De 6 mois à 5 ans post AVC	- WMFT - MAL - ABILHAND - Analyse cinématique vidéo : aller toucher avec l'index lésé (unilatéral) ou les deux index (BAT) une sonnette le plus vite possible	Bi-Manu-Track machine robotisée pour le travail de la prono-supination et la flexion/extension de poignet	1h30 à 1h50 par jours, 5j / semaine pendant 4 semaines - BAT-> 75 à 85 min à raison de 300 à 400 répétitions en mode passive et actif-passif et 50 à 80 répétitions en mode actif résisté + 15 min d'activité fonctionnelle. - Travail unilatéral robotisé->même protocole à une main. - Groupe contrôle (porté de poids, étirements, renforcement, coordination...)	- Pas de différence de gain moteur ou sur les AVQ pour le travail unilatéral ou bilatéral. - Pas d'augmentation fonctionnelle dans les 2 groupes unilatéral ou BAT - Significativement **moins de compensation de tronc** en début de mouvement avec **le BAT**, par copie des mouvements du membre sain, par rapport aux patients entrainés en unilatéral. - Meilleure **rapidité** des sujets entrainés **unilatéralement**.	**Intérêt d'associer les deux entraînements** Pas d'amélioration de la fluidité des gestes contrairement à l'étude Wu 2011. Hypothèse : imputable à la concentration du travail sur une articulation et non pas tâche globale.

Auteurs	Nombre d'inclusion et critères	Délai post-AVC	Modalités d'évaluation	Outil testé / utilisé	Protocole	Résultats	Points discutés
Liao 2011 [21]	10 patients sur outil robot assisté et 10 patients contrôles - FM entre 28 et 66 - MMSE ≥22 - Spasticité ≤3 Exclu : douleurs importantes d'épaule ou autre articulation, comorbidité avec une autre pathologie neurologique (épilepsie, syndrome cérébelleux)	Chronique >6 mois post-AVC	**Accéléromètre** -Arm activity ratio -FM -MIF -MAL - ABILHAND	Bi-Manu-Track + Feedback informatique : logiciel de jeux	90 à 105 min /jour 5 jours /semaine pendant 4 semaines 600 à 800 répétitions passives et autant de passif-actif + 120-150 répétitions en actif résistées. En tout **2700 à 3600 répétitions** **+ 15 min d'activités fonctionnelles** : tourner une clé, ouvrir un pot… Comparaison du BAT robot-assisté (n=10) à des patients contrôles (n=10) qui pratiquent l'ergothérapie (entraînement moteur global, travail musculaire, dextérité et tâches fonctionnelles + 15 min d'activités fonctionnelles)	Le BAT combiné a une tâche fonctionnelle permet d'augmenter la fonction motrice (activité du MS hémiplégique, coordination bilatérale des MS, et qualité des mvts bilatéraux) dans les AVJ. Les gains retrouvés dans les AVJ peuvent être dûs aux 15 min d'activités fonctionnelles	La différence de résultats avec les études précédentes, qui retrouve peu de gains dans les AVJ, peut-être dûe : -à la focalisation du travail sur la partie distale du membre alors que les études portant sur l'épaule et le coude ont plus de gains moteurs, car c'est la main qui permet la fonctionnalité du MS, - au nombre bien plus important de répétitions - à l'association avec une activité fonctionnelle dans un contexte naturel. Le W sur robot seul ne permettant pas d'avoir l'opportunité d'apprendre des habilités motrices spécifiques telles que la dextérité, la coordination… nécessaire pour accomplir les AVJ Les déficiences cognitives entraînent des difficultés à transférer les apprentissages moteurs dans le quotidien d'où une facilitation par le travail fonctionnel associé.
Mc Combes Waller 2004 [22]	10 patients - Peut suivre des instructions simples et 2 consignes consécutives. - MMSE<22 - Contrôle volontaire du bras sain - Capacité motrice minimale contre pesanteur de l'épaule	Phase chronique >6mois post-AVC	Rapidité et régularité des tapotements unilatéraux et bilatéraux à la vitesse préférée du patient et à sa vitesse maximale. Rapidité, précision et coordination maximal en bilatéral en phase et en antiphase. + FM, WMFT, UMAQS	Entraînement sur BATRAC : mouvements en phase et anti-phase Feedback par métronome	20 min / jour, 3 j/**semaine** pendant 6 sema**ines** 5 minutes de BATRAC suivis de 10 minutes de repos 4 cessions : 2 en phase et 2 en antiphase (1h avec les pauses)	2 participants ont une amélioration du contrôle moteur de leurs membres hémiparétiques. Pour ces deux individus c'est l'hémisphère du membre dominant qui est lésé. Cette observation pousse les auteurs à faire de nouvelles recherches. Dans « Hand dominance and side of stroke affect rehabilitation in chronic stroke » (2005) ils observent de meilleurs effets du BATRAC sur l'hémisphère correspondant à la **main dominante** du sujet. (hémisphère gauche, les 22 sujets étant droitiers) L'hypothèse imputée serait une inhibition facilitée du cortex dominant sur le cortex non-dominant (sain dans l'étude)	L'entraînement sur une articulation semble se transférer aux autres articulations : un **gain distal mais aussi proximal** est observé. En revanche du **côté sain** il y a une **diminution de la rapidité**.

Auteurs	Nombre d'inclusion et critères	Délai post-AVC	Modalités d'évaluation	Outil testé / utilisé	Protocole	Résultats	Points discutés
Stoykov 2009 [23]	24 patients (<80ans) - Déficiences **modérées** 2 niveaux:(FM 19-28 et FM 29 -40) - pouvoir suivre 2consignes - pas de négligence - pas de trouble orthopédique ou de douleurs du MS.	Phase Chronique > 6 mois post-AVC	- Motor Assessment Scale - Motor Status Scale (mesure les mouvements de chaque articulation du MS et reprend le score FM) - Force musculaire (dynamomètre et Jamar)	Les mouvements sont rythmés par un métronome. Aucune machine mécanique ou robotisé n'est utilisée.	3 sessions de 1 heure par semaine pendant 8 semaines. BAT (n=12) comparé au travail unilatéral (n=12) pour la même activité. 6 exercices : chaque tâche est répétée 20 fois avec une progression régulière jusqu'à, au maximum, 40 répétitions	Les 2 groupes ont une augmentation significative de la MSS et de la force. BAT a un meilleur résultat sur la MAS sur la partie « fonction du MS »	BAT semble plus efficace pour la fonction de la partie proximale du membre sup.
Wu 2010 [24]	6 patients n=4 BAT et n=2 thérapie contrainte -Brunnstrom stage >III pour la partie proximale et distale du membre. -non utilisation acquise (Motor Activity Log <2,5) -MMSE ≥ 24 -spasticité≤2	Chronique >6mois post-AVC.	FM ARAT MAL IRM fonctionnelle	BAT symétrique ou alterné avec des éléments du quotidien (porté de 2 tasses, de cubes etc.) Vs Thérapie contrainte : moufle contraint le membre sain et travail des AVJ	2h/jour, 5jours/semaine pendant 3 semaines Pendant l'imagerie, les patients réalisent des flexions / extensions des doigts, côté sain et lésé, et flexion de coudes bilatéral	Sur les 6 individus les gains sont très variables. Les patients qui ont une augmentation de l'activité cérébrale bilatérale des 1/2sphères cérébraux, ont le plus de résultats moteurs et fonctionnels (n=2). -pendant les mvts côté lésé, les deux thérapies ont augmenté l'activité bilatérale du cerveau. -pendant l'activité du côté sain, après BAT il y a augmentation de **l'activité bilatérale** du cerveau alors que la thérapie contrainte active majoritairement le côté lésionnel - le BAT permet de stimuler l'activité **cérébelleuse** bilatérale (montré sur le coude) et pas la thérapie contrainte	La neuroplasticité peut encore entraîner des adaptations cérébrales après 6mois post-AVC Le BAT entraîne une réorganisation durable dans les deux hémisphères cérébraux y compris l'hémisphère sain. Après entraînement, cette réorganisation est visible par imagerie lors des mouvements unilatéraux du membre lésé
Liu 2013 [25]	12 patients Peuvent initier un mvt d'épaule ou de coude contre pesanteur et translater leurs mains vers l'avant 3X de suite	Phase chronique > 6 mois post-AVC N'ont plus de kiné	FM WMFT modifié UMAQS + analyse cinématique des compensations autre que l'antéflexion de tronc : 4 essaies de chaque modalité (unilatéral côté sain et côté lésé et bilatéral)	BAT mécanique symétrique : déplacer une boite qui possède deux poignées. Feedback par un métronome Pente de la piste peut varier pour un travail contre pesanteur. Le tronc est sanglé	35 minutes, 3j / semaine pendant 6 semaines de BATRAC progressif (l'inclinaison de la piste et la rapidité sont augmentés selon les tolérances du patient et l'avis du MK) 5 min de travail pour 5 min pause Consigne : Emmener la boîte le plus loin que le côté lésé le peut en respectant le rythme imposé par le métronome	- Chez le sujet sain : En unilatéral, l'épaule contribue à l'avancée de la main (overshoot) puis le coude fléchi et l'épaule revient en extension (undershoot) afin que la main touche la cible - Du côté pathologique : Restriction de l'utilisation de l'épaule, augmentation de l'utilisation du coude (en flexion) La restriction des mouvements d'épaule est compensée de façon variable selon les individus par le poignet et la pesanteur. Moins la déficience est sévère et plus l'épaule est utilisée	Il faut **travailler le moment de l'épaule** et réduire la flexion de coude. L'entraînement n'a pas montré de différence significative de compensation entre mvt bilatéral et unilatéral, cependant les mvts bilatéraux ont été testés à la vitesse de préférence du patient, ce qui n'est pas une situation efficace pour mettre en évidence les compensations. **Faire progresser le patient sur la vitesse** pourrait montrer de meilleurs résultats pour ce qui est du travail bilatéral. Le niveau de déficience des patients n'est pas corrélable aux gains obtenus dans l'entraînement

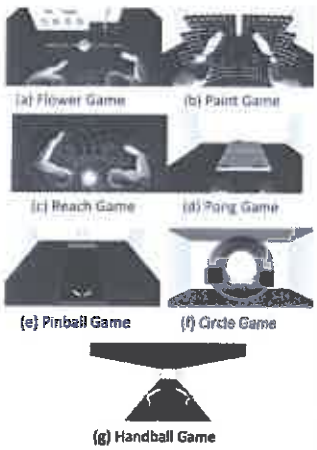
Auteurs	Nombre d'inclusion et critères	Délai post-AVC	Modalités d'évaluation	Outil testé / utilisé	Protocole	Résultats	Points discutés
Whitall 2011 [26]	111 patients (divisés en 2 groupes) Peuvent fléchir l'épaule parétique 3X depuis la position zéro	Phase Chronique > 6mois post- AVC	Mesure avant, après et 4mois post-entraînement FMUE WMFT IRM fonctionnelle (n= 17 BATRAC, n=21 DMTE)	BAT mécanique : BATRAC Feedback : métronome	6 semaines, 3 séances /semaine Comparaison : - BATRAC : 5min de travail symétrique pour 10 min de repos (X2) 5min de mvts alternés pour 10min de repos (X2) - Dose matched therapeutic exercises : mobilisations thoraciques et scapulaires, porté de poids, ouvrir la main	Les 2 groupes se sont améliorés et l'amélioration persiste après 4 mois. Pas de différence entre les 2groupes sur les critères FM, WMFT... Travail bilatéral = travail unilatéral sur le plan fonctionnel mais les activations cérébrales différentes observées suggèrent des mécanismes neuronaux différents.	L'IRM fonctionnelle montre : Des zones différentes du cerveau sont activées selon le travail choisi (même résultat mais mécanismes différents) Spécificité du BATRAC : - gyrus frontaux supérieurs bilatéraux (régions modifiées durant la restauration du MS) - gyrus supramarginal : montre l'**attention** porté à leurs MS, et l'augmentation de la **perception spatiale** du membre lésé -cortex cingulaire antérieur impliqué dans l'**apprentissage** par essaie erreur
Morris 2008 [28]	106 P MAS<6 Peut faire 30 min de kinésithérapie Pas de négligence sévère, d'aphasie ou d'autre trouble cognitif Pas de déficience résiduelle de précédent AVC Pas de dlr d'épaule	Phase subaigüe : 2 à 4 semaines après l'AVC	Testé avant, après entraînement et à 18 semaines de l'entraînement (n=97) : - ARAT - Modified Barthel Index (performance dans AVJ) - NineHolePeg test (dextérité) - Hospital Anxiety and Depression Scale	BAT fonctionnel Feedback verbale du MK sur le schéma moteur du patient et l'atteinte ou non de l'objectif toutes les 5 tâches. Protocole progressif	20 min/jour 5 jours/semaine pendant 6semaines 30 répétitions par exercice maximum, maximum 120 répétitions par séance Unilatéral (n=50): (bouger des chevilles, des cubes, prendre un verre vide et l'amener à la bouche, pointer une cible) ou Bilatéral (n= 56) : les 4 mêmes tâches symétriquement avec les 2 bras. En plus de la thérapie habituelle (pas de précision)	Le **BAT** n'est pas plus efficace que le travail unilatéral cependant le travail bilatéral donne de bien **moins bons résultats sur la dextérité** à 18 semaines (accélération de la récupération de la dextérité avec un entraînement unilatéral)	Il s'agit de la première étude randomisée contrôlée en phase subaigüe possédant autant de participants. La différence de résultat avec d'autres études peut-être dûe à la liberté temporelle et spatiale des mouvements proposés (contrairement aux répétitions intensives guidés ou aux mouvements rythmés par métronome)
Morris 2012 [29]	106 patients Motor assessment scale <6 côté lésé Peut participer à 30min d'activité. Exclu : douleur d'épaule, négligence sévère, problème cognitif, aphasie	Phase subaigüe	Test 2 à 4 semaines avant le début, à la fin et 12 semaines après de l'entraînement. ARAT Nine-hole peg test (dexterity)	BAT tâche simultanée et symétrique avec le membre sain : déplacer des cubes, viser une cible, emmener un verre de la table à la bouche	20min par jour, 5 jours/semaine pendant 6 semaines En tout 4 exercices répétés 30X chacun en plus de la kiné habituelle Comparaison : BAT (n=56) Travail unilatéral (n=50)	- Pas de différence sur les limitations d'activité (ARAT) entre les 2 groupes. Le BAT **améliore significativement la dextérité du côté sain** (9HPT) par rapport au groupe contrôle cependant le gain n'est pas maintenu. - Les **patients plus jeunes** (<69 ans) **répondent mieux au BAT**, alors que les patients plus âgés (>68) sont plus lents et n'obtiennent un gain qu'avec le travail unilatéral et pas du tout avec le BAT (surement car le BAT demande un effort physique et une attention supplémentaire mais peut aussi être dû à un artefact des statistiques)	En aigüe, les patients hémiplégiques ont une dysfonction du MS dit sain (ipsilésionnel) détectable notamment sur la dexterité (9HPT). Cela est dû au 15 à 20% de fibres provenant du cortex moteur primaire qui ne décussent pas et servent le côté ipsilésionnel lors des mouvements complexes. Le BAT **améliore les performances du côté sain.** Cependant la rapidité et la précision déficitaire du **membre lésé influence sur le côté sain en limitant sa progression.**

Auteurs	Nombre d'inclusion et critères	Délai post-AVC	Modalités d'évaluation	Outil testé / utilisé	Protocole	Résultats	Points discutés
Luft 2004 [30]	21 patients - spasticité résiduelle du MS - motricité du MS : une partie des mouvements contre pesanteur possible - après 3 à 6 mois de réhabilitation conventionnelle -pas trouble cognitif ou du langage.	Phase chronique (médiane à 50 mois post-AVC)	WMFT FM UMAQS Force musculaire coude /épaule par dynamomètre IRMf 2 semaines avant et après le protocole. Mvts de fl /ext de coude enregistrés yeux fermés EMG du biceps et du deltoïde durant les mvts du coude	BATRAC Mouvements synchrones ou alternés guidés par un métronome	4 sessions de 5 min (avec 10min de repos entre chaque série), 3 jours/semaine pendant 6 semaines Comparaison : BATRAC (n=9) Neurodevelopmental Dose Matched Therapeutic Exercices (n=12) : mobilisations des épineuses thoraciques et de la scapula, porté de poids et ouverture du poing	3 patients n'ont pas d'amélioration motrice après l'entraînement. Pour ceux ayant un gain moteur après BAT, l'IRMf d'un mvt unilatéral montre une activation augmenté des **gyrus pré et post central de l'hémisphère controlatéral** à la lésion (aire sensitivomotrice) ainsi que du **cervelet (ipsilatéral)** et pas dans le groupe DMTE Pas de différence sur les tests musculaires entre les deux groupes BATRAC et DMTE. Cependant en retirant les analyses des 3patients n'ayant pas réagis, il y a un meilleur FM après BATRAC qu'après DMTE	**Le BAT limite l'interinhibition** des deux hémisphères et permet la réorganisation de l'hémisphère lésé qui peut ensuite être visible à l'IRMf lors d'un mouvement unilatéral du côté lésé L'hémisphère controlatéral est lié par les voies corticocérébelleuses au cervelet ipsilatéral. Or, il semble que **plus le cervelet est activé et meilleur est la récupération** du patient. Le BAT à donc l'avantage de stimuler doublement le cervelet par rapport au DMTE BAT à un nombre de répétitions des mvts Fl/Ext de coude et un travail actif > DMTE qui comprend dans le même temps des mvts passifs ou d'ouverture de la main etc
Desro-siers 2005 [31]	41 patients - pas ou faible atteinte cognitive - fonctionnement minimal du MS lésé : cotation 2 pour main, 3 pour le bras de Chedoke-mcMaster stroke assessment. (-> Atteinte modéré à moyennement sévère) - Pas de trouble de la perception visuelle ou de négligence sévère.	Phase subaigüe Entre 10 jours et 2 mois post-AVC	MIF Purdue pegboard test (fonction de la main) FM Coordination (ex : test doigt-nez (nombre de réalisation en 20sec))	Travail global du MS dans des activités fonctionnelles : tâches standardisées tirés des AVJ nécessitant un travail bilatéral symétrique et asymétrique des MS et des activités unilatérales des 2 MS nécessitant concentration et travail physique	45 min/ jour, 4 jours / semaine, pendant 5 semaines Comparaison : - Thérapie habituelle (n=21) : activité fonctionnelle du MS, travail de la force, travail actif, actif aidé et mobilisation passive, travail sensitivomoteur du membre - Travail unilatéral et bilatéral (n=20) Les deux groupes ont ces thérapies en plus de leurs thérapies classiques	Pas de meilleurs résultats entre les 2 groupes. Le travail habituellement proposé en **kinésithérapie** offre des **résultats** moteur **identique au travail unilatéral et bilatéral associés**, bien que le travail habituel comprennent des activités passives	Bien que de nombreuses auteurs recommandent l'association des deux types de travail unilatéral et bilatéral, cela ne permet pas de distinguer à quel type de travail les améliorations constatées sont dues
Mudie et Matyas 2001 [32]	36 participants - MAS ≤2 pour les items 6 et 7 = hémiplégie massive - Compréhension des consignes	2 expériences Phase subaigüe Phase chronique.	Force musculaire et activité musculaire par EMG	Mouvements à réaliser : - abduction d'épaule - extension de poignet	5 cessions de 5 répétitions de 5 sec par tâche (abd d'épaule / ext poignet), 15 sec de repos entre chaque session et 5 min de repos entre les mvts d'épaule et les mvts de poignet - BAT (n=18) - Travail unilatéral (n=18)	Petite augmentation de l'activité musculaire dans les 2 activités. Pas de meilleure performance unilatérale après une session de travail bilatéral que ce soit en subaigüe ou en chronique chez des patients cérébro-lésés avec hémiplégie dense/massive.	BATpermet de faire travailler le membre hémiplégique dans des conditions optimales d'apprentissage. En 1996 et 2000, les auteurs avaient montré une amélioration de la cinématique du geste grâce au BAT entrainant une amélioration motrice du membre lésé conservé à 6mois post-traitement.

Auteurs	Nombre d'inclusion et critères	Délai post-AVC	Modalités d'évaluation	Outil testé / utilisé	Protocole	Résultats	Points discutés
Lum 2006 [33]	30 patients 14 patients retenus par la Cochrane comme randomisés. - 1 seul AVC - pas de douleurs articulaires ou de limitations d'amplitude qui pourraient empêcher la réalisation du travail - MMSE>21	Phase subaigüe 1 à 5mois post-avc	MIF (soin personnel, transferts) FM proximal et distal MSS Ashworth scale Force musculaire	Mirror image movement enabler (MIME) : Un robot d'entraînement dirigé sur l'épaule et le coude avec la partie distale du membre attachée au dispositif et qui peut être déplacée par le moteur pour réaliser des mvts plus complexe (mvt de poignet passif). Un moteur (puma 560) permet de mettre une force dans la direction des mvts voulues	1 heure /session, 15 sessions en 4 semaines - 9 patients travaillent sur robot unilatéral : 12 tâches à réaliser (progressif : mode facile vers mode plus complexe) 5 patients travaillent sur robot bilatéral pratique les mêmes exercices en bilatéral avec des mvts circulaires rythmés	Seule **l'association du travail BAT avec le travail unilatéral** montre un gain moteur du MS objectivé par MSS et FM proximal. Cependant au terme des 6 mois de suivi, ce groupe à les mêmes capacités motrices que les autres groupes. (-> améliore la rapidité de récupération)	Résultats à discuter car seuls les groupes de travail robotisé bilatéral et unilatéral sont randomisés et peuvent être considérés comme fiable [7]. Une nouvelle étude de Burgar, Lum et al. en 2011 [34] sur des patients en phase aigüe (7 à 21j) montre qu'un **temps de travail augmenté** (30h contre 15h) permet un **meilleur gain fonctionnel** objectivé par la MIF Cependant les performances motrices sont à nouveau similaires à 6mois de suivi. Selon Ashworth modifié les patients ayant eu **plus de travail moteur** on une **spasticité moins importante à 6 mois** (non visible immédiatement après le traitement)
Whitall 2000 [36]	14 patients Atteinte légère à modéré/sévère	Phase chronique (médiane à 30 mois post-AVC)	Evaluation pré, post et à 2 mois de l'entraînement FM WMFT UMAQS (utilisation dans AVJ) Force en isométrique Amplitudes des mouvements	BATRAC BAT mécanique proximal, permettant des mouvements symétriques ou alternés et rythmés par métronome	4 sessions de 5min, 3 fois par semaine pendant 6 semaines 1 seul groupe testé avant / après entraînement	- Amélioration des scores de FM (force des fléchisseurs de coude et du poignet côté lésé et fléchisseurs de coude et extenseurs de poignet côté sain) - Amplitude active d'extension d'épaule, de flexion de poignet et d'opposition de pouce et passive de flexion de poignet augmentées - Vitesse des mvts du MS augmentée - **Utilisation dans les AVJ augmentée dans des rôles de soutien et de tâches bilatérales.** - Gains maintenus à 8semaines de l'entraînement	Première étude sur le BATRAC Richards, Senesac et al. En 2007 propose le BATRAC à 14 patients chroniques avec atteinte légère en modifiant les paramètres proposés par Whitall (4 fois par semaine 2h25 par j pendant 2 semaines) et n'obtient pas de résultats positifs sur FM et WMFT. Cependant la MAL indique une meilleure utilisation du membre hémiplégique dans les AVJ
Lin 2009 [42]	60patients - Brunnstrom III en proximal et distal (moyennement à modérément atteint) - MMSE 24< - non utilisation acquise (MAL<2,5) -spasticité ≤ 2 (Ashworth modifié)	Phase chronique >6 mois post-AVC	FMA en distinguant score proximal et distal MIF MAL Stroke impact scale (SIS) 3.0 (autoquestion-naire globale)	BAT fonctionnel symétrique ou alterné : essentiellement déplacement de 2 objets simultanément	2 heures/jour , 5 jours /semaine pendant 3 semaines Comparaison : - BAT (n=20) - thérapie contrainte (n=20) : 2 h intensive de travail des AVJ + 6 h de contrainte par jour. - Groupe Contrôle (n=20) : exercices fonctionnels de la main, de coordination, mouvements du membre lésé, compensations uni ou bimanuelles	- La thérapie contrainte (CIT) et BAT ont de meilleurs gains que le groupe contrôle sur le score total et distal du FM. - Le FM proximal du groupe de BAT > CIT. - CIT > pour MAL, une partie de la MIF et de la SIS - CIT large gains fonctionnels de l'utilisation du membre dans les AVJ et sur la qualité de vie	**CIT** permet un gain **fonctionnel** que le BAT ne permet pas. Le BAT permet d'améliorer l'efficacité / la fonction motrice de la partie **proximal** du membre sup

Annexe II : exemples d'outil de travail bilatéral

Outils mécaniques	Illustrations	Caractéristiques	Feedbacks
BATRAC = Bilatéral Arm Training with Rhythmic Auditory Cueing		Travail proximal en flexion/ extension d'épaules et des coudes Mouvements symétriques ou alternés	Métronome
Modified BATRAC apparatus		Travail distal des poignets en flexion/ extension. Mouvements symétriques ou alternés	- Métronome - Courbe de coordination des deux membres Amplitudes de myt réalisé
Réha-slide		Travail proximal en flexion/ extension des épaules et des coudes, d'abduction/ adduction d'épaules et flexion/ extension des poignets. Mouvements symétriques. Plan inclinable de 0° à 20° pour un travail contre pesanteur.	Jeux informatiques + Un compteur inclus au support comptabilise le nombre de répétitions. + Un métronome
Actif-Passif bilateral therapy : The Rocker		Travail distal de flexion/extension des poignets Mouvements symétriques ou opposés	Pas de feedback

Outils robotisés	Illustrations	Caractéristiques	Feedbacks
Bi-Manu-Track		Travail distal en prono-supination et flexion/extension des poignets. 3 modes proposés : - passif-passif : le robot contrôle les 2 membres supérieurs - actif-passif : le membre sain entraine le lésé - actif-actif : les 2 bras s'oppose à une résistance isométrique puis se déplacent librement. Mouvements symétriques ou alternés.	Certaines publications ajoutent un logiciel informatique calculant les forces et directions des mouvements.
EXO-UL7		2 exo-squelettes permettent 7 degrés de liberté (abduction/ adduction, flexion/ extension et rotations d'épaules, flexion/extension des coudes, prono-supinations, flexion/extension des poignets et inclinaisons radiale et ulnaire) Les mouvements du bras sain sont transmis symétriquement par l'intermédiaire du robot au bras lésé pour le guider.	7 jeux vidéo : 
MIME : Mirror Image Movement Enhancer		Travail proximal des épaules et des coudes. Déplacements complexes dans les 3 plans de l'espace. 1 mode bimanuel : le robot déplace le bras lésé en miroir par rapport au bras sain (mouvements symétriques). Les 3 autres modes sont unilatéraux (passif, actif et actif résisté)	Rétroaction visuelle : atteinte ou non de la cible. Pas de nécessité de feedback ajouté car même si le patient ne parvient pas à déplacer son membre supérieur, il est guidé par le robot dans un schéma moteur correct.

Photos issues de la revue de littérature : **VAN DELDEN A. E. L., PEPER C. E., KWAKKEL G., BEEK P. J.** - A Systematic Review of Bilateral Upper Limb Training Devices for Poststroke Rehabilitation. Stroke Research and Treatment, 2012, Article ID 972069, 17 pages. [8]

Annexe III :
Livret thérapeute

Armove

Livret explicatif à l'intention des kinésithérapeutes

Sommaire

Outil Page 1
Objectifs de travail Page 3
Critères d'indication au programme Page 5
Installation au poste de travail Page 6
Définition de l'aide à apporter aux patients Page 8

Sélection des exercices
- Totalité de l'interface informatique Page 9
- Sélection du patient Page 10
- Choix des exercices Page 11
- Niveaux de difficulté Page 13
- Conseils pratiques Page 16

Catégories d'exercices
- Créneaux Page 17
- Labyrinthes Page 19
- Puzzles Page 21

Consignes au patient Page 23
Particularités de la première séance Page 25
Critères d'évolution Page 26
En termes de temps ... Page 27
Fin des séances Page 28
Suivi et récupération des données Page 31

Tableau de suivi du patient
- Encadré kiné Page 33
- Tableau de suivi du patient Page 35

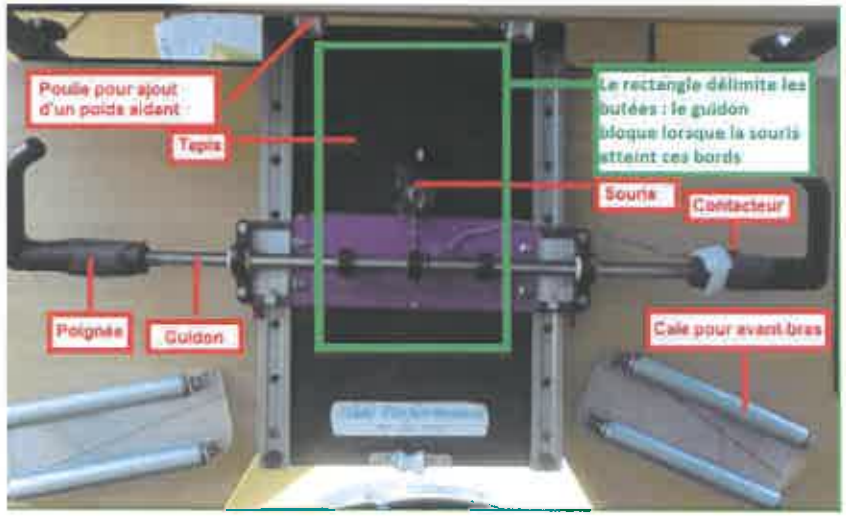
En résumé, déroulement d'une séance Page 37

1. Outil

L'Armove est un appareil conçu pour faire travailler en symétrie le membre supérieur parétique d'un individu hémiplégique avec le membre sain.

Il se compose d'un guidon posé sur un tapis. Au centre du guidon est attachée une souris d'ordinateur. Les mouvements du guidon sont retransmis grâce à elle sur l'écran de l'ordinateur. Le contacteur sur la poignée du guidon agit comme un clic gauche de souris. L'association du guidon et du contacteur permet de réaliser les exercices proposés par le logiciel.

L'utilisation d'un feedback visuel couplé au guidon permet au patient d'avoir un retour d'information sur la qualité et la rapidité des gestes effectués.

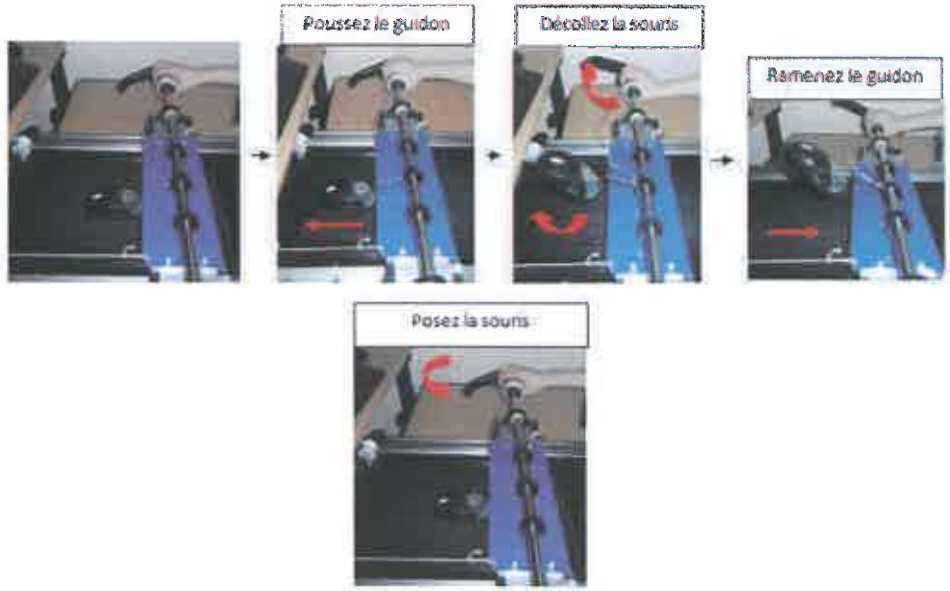


Déplacement du guidon :

Le guidon se déplace de manière **horizontale ou verticale** mais jamais en courbe sinon il se bloque. Pour la même raison, il faut pousser symétriquement les deux poignées du guidon.

En se déplaçant dans une direction, le guidon arrive rapidement en butée du tapis. Pour poursuivre dans la direction voulue, il est nécessaire de décoller la souris du tapis par une extension du poignet du côté sain (ou bilatéralement), ramener le guidon du coté opposé (souris décollée), puis reposer la souris et repartir dans la direction souhaitée.

Exemple d'un mouvement vers l'avant :



2. Objectifs de travail

Travailler bilatéralement et symétriquement les membres supérieurs du patient hémiplégique ne se résume pas à l'association de deux mouvements unilatéraux associés mais présente des mécanismes neuronaux différents qu'il est intéressant d'exploiter sachant que dans les AVJ de nombreuses activités demandent une coordination bimanuelle. Aussi pour varier les types de stimulations cérébrales, il est intéressant d'additionner cette thérapie à votre thérapie classique, qui de plus offre les avantages de :

- solliciter la **fonction de transport du coude : placement de la main** dans l'espace.

- demander un **contrôle de la spasticité des muscles** du membre supérieur

- explorer l'espace péri-personnel

- lutter contre les **troubles visuo-spatiaux** des héminégligents en plaçant l'écran dans le champ visuel perçu, puis en le déplaçant progressivement vers l'espace gauche négligé

- renforcer les **stabilisateurs d'épaule** ainsi que les **muscles du coude**

L'exploration de l'espace par les membres supérieurs demande d'abord une **exploration visuelle** de l'exercice. Le problème posé à résoudre sollicite certaines **fonctions cognitives** afin de transmettre les gestes à accomplir aux muscles effecteurs. L'enjeu est d'**inhiber la spasticité** pour ne pas parasiter l'efficacité des muscles impliqués dans l'action ce qui limiterait l'exploration dans l'espace.

Le travail musculaire doit être mineur car ce n'est pas un travail en force. Au contraire, le but est que le patient contrôle l'étirement de ses muscles spastiques comme pour étendre le coude. La première étape est donc de **maîtriser le tonus** des muscles spastiques pour qu'ils se relâchent et ainsi éviter les cocontractions qui entraînent un blocage du mouvement.

L'interface demande en permanence une **adaptation automatique des groupes musculaires antagonistes,** notamment fléchisseurs et extenseurs du coude. Le but est de retrouver une **alternance de ces mouvements** qui soit **peu coûteuse** en effort et en énergie, c'est-à-dire d'obtenir un **recrutement simple et alterné** des deux groupes musculaires qui puisse permettre un déplacement fonctionnel de la main.

Le côté hémicorporel lésé doit accompagner le mouvement induit du côté sain sans entraver ses mouvements. **La force du geste doit être dosée** pour ne pas entraîner de spasticité. Aussi le travail proposé permet de **reprogrammer la symétrie** des deux membres supérieurs du patient.

Le tracé révèle le contrôle du patient sur ses muscles.

3. Critères d'indication au programme

Pour utiliser l'appareil il faut que :

- le patient comprenne des **consignes simples**

- la **spasticité** n'empêche pas les mouvements actifs ou passifs du patient : muscles cotés **maximum à 2** sur l'échelle d'Ashworth modifiée.

Rem : *bien qu'il n'y ait pas de nécessité de mouvements actifs du poignet et des doigts du coté hémiplégique, l'importance de la spasticité de ces muscles ne doit pas dépasser 2 pour que les doigts puissent s'ouvrir et être maintenus à la poignée du guidon. De plus, le poignet hémiplégique doit pouvoir être emmené passivement en extension lors du décollement de la souris du tapis (mouvement d'extension controlatéral). De même, les **amplitudes** de coude et d'épaule doivent être **fonctionnelles**.*

- l'épaule puisse initier un mouvement (**cotation 1 d'Enjalbert** : approche syncinétique en abduction-rétropulsion d'épaule et flexion de coude lors de la préhension). La compensation en flexion antérieure du tronc nécessite une sangle de maintien au fauteuil.

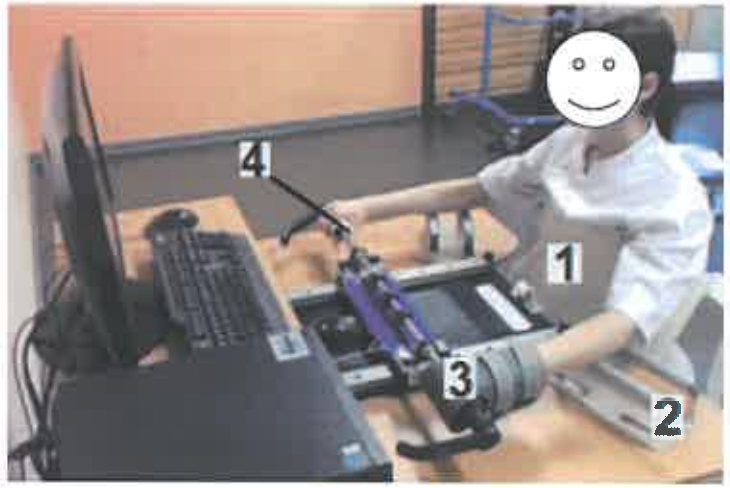
Rem : *le patient ne doit pas présenter de pathologie d'épaule, telle qu'une tendinite, un SDRC...*

- le patient soit capable de **pousser le guidon** et le **ramener** vers lui, ce qui nécessite que le coté hémiplégique accompagne le mouvement de retour en coordination avec le coté sain. De ce fait, la **force** des muscles (cotation musculaire) n'a **pas d'importance.**

NB : sauf en cas de négligence centrée sur l'objet très importante (car le patient ne peut pas explorer tout l'espace de l'écran), l'héminégligence n'est pas une contre-indication.

➔ Un livret est réalisé spécialement pour les patients. Chaque fois que vous souhaitez faire travailler une personne qui ne connait pas la machine, merci de lui fournir le livret avant la première séance.

4. L'installation au poste de travail



- En position de départ (coude à 90° environ), le patient doit pouvoir porter les coudes en extension pour atteindre le haut du tapis.

- Le but étant d'éviter les compensations du tronc lors de l'extension du coude et l'antépulsion des épaules, il faut une **sangle de maintien du tronc** (1) au dossier de l'assise.

- Le patient est assis **hanches et genoux fléchis à 90°**. Si le fauteuil roulant du patient est trop bas faire un transfert sur une chaise.

- Le **déficit de maintien postural d'épaule** peut être suppléé par la mise de **cales** (2) sous les avant-bras. En plus de soulager le travail musculaire, elles positionnent les avant-bras à l'horizontale et évitent que les coudes cognent ou glissent sur la table. Ces cales ont la forme de deux rouleaux successifs pour permettre un déplacement plus aisé du membre.

Rem : *mettez les cales en bilatéral pour éviter une asymétrie posturale du tronc et des épaules.*

- En cas d'absence de motricité volontaire suffisante pour tenir le guidon du côté hémiplégique, il faut maintenir la main à la poignée par une **bande**, de l'élastomousse ou autres attaches (3).

- Le **contacteur** (4) est placé **sous l'index du coté sain.**

- Veillez à ce que **l'écran soit bien face au patient** pour éviter toute contracture par rotations prolongées de la tête.

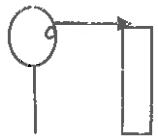
Rem : *l'écran est le biofeedback. Il doit donc être installé dans un espace facilement exploré par le patient. En cas d'heminégligence, placez-le dans le champ visuel qu'il perçoit. Par la suite, il est possible de décaler l'écran progressivement vers l'espace négligé pour faire travailler l'exploration visuo-spatiale.*

Conseil ergonomique :

Lors d'un travail sur ordinateur, il est conseillé que le prolongement à l'horizontale du regard du patient tombe sur le bord supérieur du moniteur. La table étant fixe vous pouvez adapter :

- la hauteur de l'écran
- la hauteur du siège

} avec un coussin ...



5. Définition de l'aide à apporter au patient

Principe : Un système poids-filin, placé du côté hémiplégique, permet d'aider l'extension du membre supérieur déficitaire afin qu'il n'y ait pas de décalage avec l'avancée du membre supérieur sain, ce qui bloquerait le guidon.

Choix du poids : l'**aide minimale nécessaire** est recherchée lors de la première séance puis à chaque changement de niveau. (Voir « Encadré réservé au kiné » page 33.)

Déterminez le poids aidant pour que le patient déplace son bras jusqu'à l'extrémité supérieure du tapis sans à-coups. Pour cela utilisez la méthode essai erreur.

Evolution :

Possibilité d'ajout des poids supplémentaires à **l'aide minimale nécessaire** lorsque l'exercice est jugé difficile par le patient.

- Lorsque l'échelle d'appréciation de la difficulté est supérieure ou égale à 7, augmentez l'aide de 150g en 150g ou plus.
- Lorsque l'échelle d'appréciation de la difficulté est inférieure à 5, diminuez le poids de 150g en 150g ou plus.

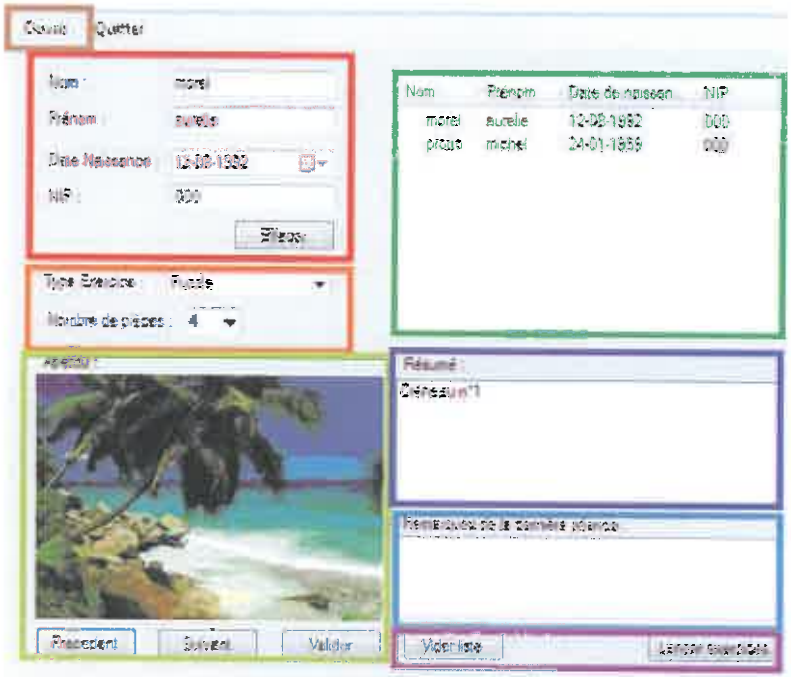
Un palet correspond à 500 g, une rondelle à 50 g.

Le poids aidant est un critère de passage au niveau supérieur. (Voir « Critères d'évolution » page 26.)

Rem: *Dans l'absolu il existe la possibilité de mettre une résistance à l'extension et ainsi de faire travailler en force les extenseurs de coude.*

6. Sélection des exercices

- **Totalité de l'interface informatique :**



Ouverture des dossiers patients

Ajout d'un nouveau patient

Choix du type d'exercice

Choix de chaque exercice

Sélection d'un patient connu du logiciel

Zone de vérification de la sélection

Remarques de la dernière séance

Suppression ou lancement de la liste

- **Sélection du patient**

Pour entrer un nouveau patient il faut compléter les champs suivants :

- Nom,
- prénom,
- date de naissance

Rem : le numéro NIP n'a pas d'utilité pour le moment.

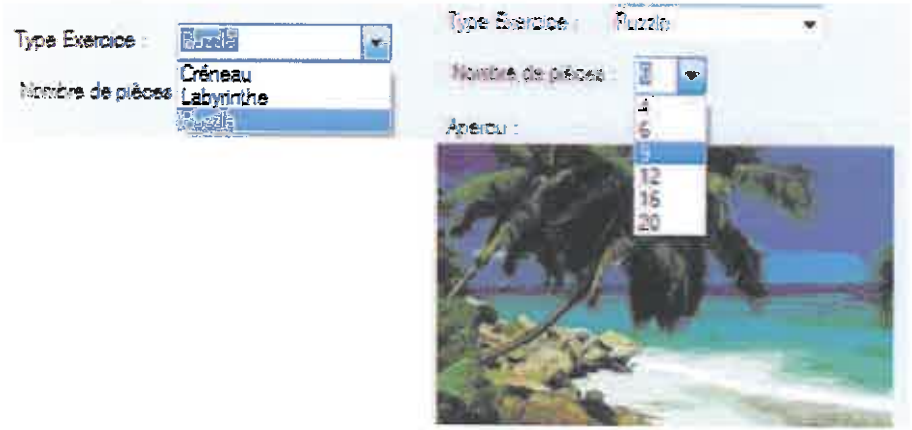
Si le patient a déjà été inscrit dans le logiciel, retrouvez le dans la liste ci-contre et cliquez sur la ligne lui correspondant. Les informations de gauche se rempliront d'elles-mêmes.

Rem : *pour simplifier la recherche d'un patient enregistré, vous pouvez taper les premières lettres de son nom dans l'encart « Nom », cela réduit la liste de droite aux personnes dont le nom commence par ces lettres.*

Si un patient est déjà sélectionné et que vous souhaitez en entrer un nouveau, vous pouvez cliquer sur la touche «Effacer » avant de compléter à nouveau les champs de gauche.

- **Choix des exercices**

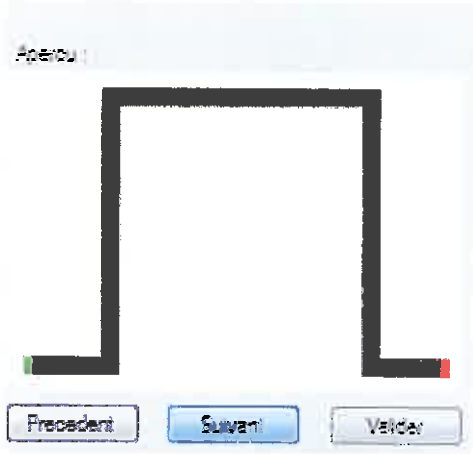
1. Sélectionnez le type d'exercice à réaliser. Pour un puzzle, il faut sélectionner le nombre de pièces.



2. Sélectionnez l'exercice souhaité

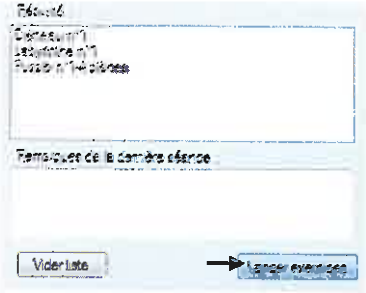
- Cliquez sur « Suivant » ou « Precedent » pour faire défiler les différents exercices d'une catégorie.

- Cliquez sur « Valider » chaque fois que vous voulez sélectionner un exercice.



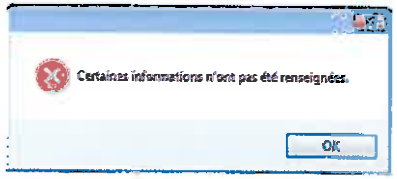
Si vous avez validé le mauvais exercice, retrouvez-le dans « Résumé » et **cliquez dessus pour l'effacer.**

La liste des exercices s'allonge dans « résumé ». Quand tous les exercices souhaités sont choisis, cliquez sur « lancer exercices ».



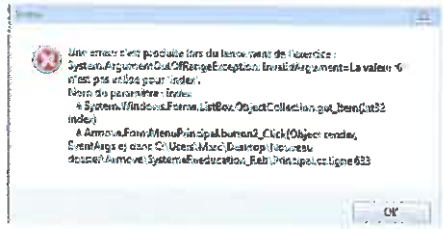
Si un **message d'erreur** s'affiche au lancement des exercices :

- Vous n'avez pas **sélectionné le patient** dans la liste ou enregistré les informations d'un nouveau patient.



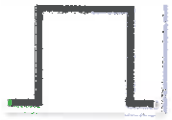
- Vous avez oublié de **« valider » les exercices** voulus et la liste est vide.

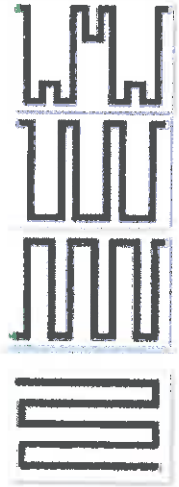
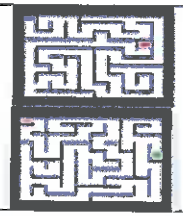
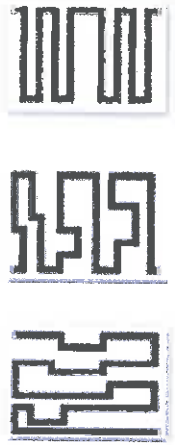
- Vous n'avez pas sélectionné le **nombre de pièces** du puzzle.

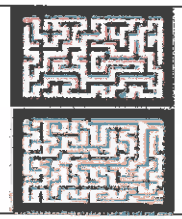
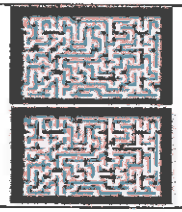


- **Niveau de difficulté**

Voici la liste des exercices à sélectionner en fonction du niveau :

	Types d'exercices	Visuel des exercices	Enumération dans « résumé »
Niveau 0 : 1er séance	Créneau		Résumé : Créneau n°1 Labyrinthe n°1 Puzzle n°1-4 pièces
	Labyrinthe		
	Puzzle	4 pièces	
Niveau 1	Créneaux		Résumé : Créneau n°2 Créneau n°3 Créneau n°4 Créneau n°5 Labyrinthe n°2 Labyrinthe n°3 Puzzle n°1-4 pièces
	Labyrinthes		
	Puzzle	4 pièces	

Niveau 2	Créneaux		Résumé : Créneau n°6 Créneau n°7 Créneau n°8 Créneau n°9 Labyrinthe n°4 Labyrinthe n°5 Puzzle n°1-6 pièces
	Labyrinthes		
	Puzzle	6 pièces	
Niveau 3	Créneaux		Résumé : Créneau n°10 Créneau n°11 Créneau n°12 Labyrinthe n°6 Labyrinthe n°7 Puzzle n°1-9 pièces

	Labyrinthes		
	Puzzle	9pièces	
Niveau 4	Créneaux		Résumé Créneau n°13 Créneau n°14 Créneau n°15 Labyrinthe n°8 Labyrinthe n°9 Puzzle n°1-12 pièces
	Labyrinthes		
	Puzzle	12 pièces	

Rem : *pas de visuel pour le puzzle, vous pouvez faire choisir au patient l'image qui l'intéresse (faire défiler les possibilités) mais l'image doit être différente à chaque séance.*

- **Conseils pratiques :**

Si au départ, les exercices **sont trop longs** pour le patient, au lieu de rallonger la séance il est préférable de **diminuer le nombre d'exercices** :

- alternez les deux labyrinthes proposés
- ne choisissez que 2 créneaux et alterner la fois suivante…

Le but à terme est bien sûr que le patient puisse faire tous les exercices de la série en une séance. C'est seulement à partir de ce moment que l'on va regarder si les critères pour passer au niveau suivant sont respectés ou non.

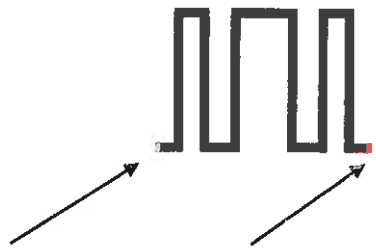
Tant que votre patient ne remplit pas tous les critères de passage au niveau supérieur, vous gardez la liste d'exercices du niveau en cours. Lorsque les exercices sont sélectionnés une première fois, ils sont conservés dans « Résumé » pour un patient donné. Il vous faut vérifier que les exercices sont les bons (rappel : un simple clic sur un exercice dans « Résumé » peut l'effacer !) et supprimez l'image puzzle pour en valider une autre.

Vous pouvez alors lancer les exercices.

7. Catégories d'exercices

Rem : *Dans les exercices, des scores s'affichent. Ne pas en tenir compte.*

Créneaux

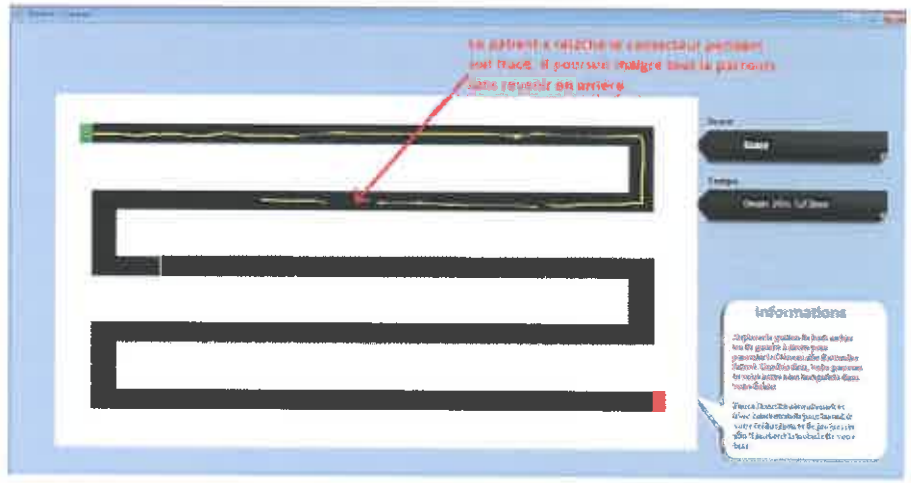


Consigne : se déplacer de la case **verte** (début) à la case **rouge** (fin) le plus rapidement possible **en respectant** au mieux **le trajet** proposé.

Buts : - contrôle de la spasticité

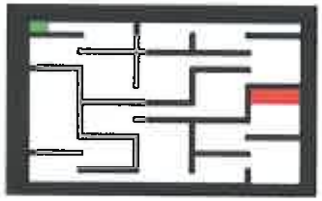
- travail de la coordination des membres supérieurs pour gagner en rapidité, en fluidité, en régularité des gestes

Rem : *le trajet réalisé dans le créneau par le patient s'inscrit en jaune. Si, lors du mouvement du guidon le patient n'appuie pas sur le contacteur, il peut poursuivre le parcours car le curseur à l'écran bouge mais le tracé ne s'inscrit pas. Il est inutile qu'il revienne en arrière chaque fois qu'il manque une partie du tracé, celui-ci n'a pas besoin d'être continu. Il ne s'agit que d'un feedback pour observer les progrès du patient dans la régularité et la souplesse de ses gestes.*



Astuce : toujours maintenir le contacteur durant l'exercice, même quand la souris est décollée du tapis, pour éviter un retard de traçage !

Labyrinthes



Consigne : se déplacer de la zone verte (départ) à la zone rouge (arrivée), en recherchant le bon chemin parmi les différentes possibilités, sans toucher les murs du labyrinthe.

Attention : les zones vertes ne sont pas toujours à gauche !

Buts : idem créneaux + repérage visuo-spatial

+ programmation gestuelle

Astuces :

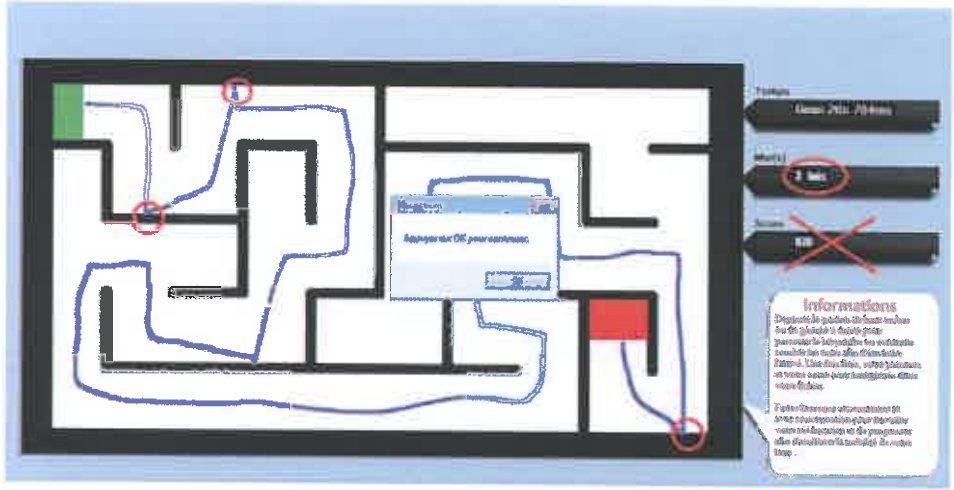
- les exercices ne démarrent qu'au premier clic du sujet sur le contacteur. Cela lui permet de prendre le temps de regarder le niveau qui l'attend et **d'anticiper et planifier** les gestes à faire.

- s'il y a erreur de parcours dans le labyrinthe, il faut revenir en arrière en se déplaçant toujours avec le guidon.

➔ Conseil : le thérapeute note les erreurs de parcours dans les « remarques » dans le tableau de suivi du patient pour justifier du temps mis par l'individu à cette séance.

- quand la souris à l'écran touche la paroi du labyrinthe, cela compte comme un « mur ». Les **touchers (murs) comptabilisés sont un feedback** pour le patient, afin qu'il contrôle au mieux le relâchement de ses muscles pour ne pas faire de gestes brusques. Cela l'incite à des mouvements fluides et non pas à un travail en force. Le tracé permet de vérifier la qualité du travail effectué.

Rem : *Cependant la comptabilisation des murs est souvent erronée à +/- 2 murs près !*



Mêmes consignes que pour les créneaux mais cette fois le tracé est en bleu. Maintenir le contacteur en permanence pour un tracé continu. En cas de tracé discontinu, il n'est pas nécessaire de revenir en arrière, cela fait perdre du temps.

Puzzles

Le patient peut choisir l'image qu'il souhaite. En effet, au vu de la taille et de la pixellisation des pièces, la difficulté est similaire quelle que soit la photo choisie. Veillez cependant à en sélectionner une différente tous les jours.

Rem : *la bibliothèque images peut-être enrichie à condition que les images choisies ne contiennent pas une surface importante uniforme. A bannir de même les images sur fond blanc (ou autre couleur unie).*

Consignes :

Déplacer les pièces de puzzle disposées aléatoirement à gauche sur les bonnes parties du modèle à droite. Pour cela sélectionner la pièce avec le contacteur en le maintenant appuyé durant le déplacement pour faire glisser l'image à la bonne place.

Rem : *le trajet n'étant plus guidé mais libre, les mouvements volontaires sont plus amples et le tapis bloque moins ce qui rend cette activité de prime abord plus simple à réaliser pour le patient.*

Buts :

- contrôle de la spasticité et des syncinésies lors des mouvements volontaires non guidés

- exploration et repérage visuo-spatial. Dans le cadre d'une négligence centrée sur l'objet, les reconstitutions de puzzle sont intéressantes, les pièces de puzzle devant être déplacées de gauche à droite.

Les morceaux **bien positionnés** s'entourent d'un **liseré blanc**, tandis que les places encore disponibles sont entourées d'un liseré noir.

Rem : *à noter cependant que plus il y a de pièces, plus il est compliqué de distinguer quelle place est libre...*

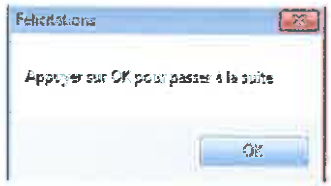
Attention : Une pièce peut être déplacée n'importe où sur l'écran. Lorsque la pièce est lâchée, elle reste sur place. On peut donc mettre une pièce au mauvais endroit ou bouger une pièce bien mise sans indication du logiciel. Les pièces de puzzle une fois mises peuvent cependant être déplacées à nouveau.

8. Consignes au patient

NB : bien que les éléments nécessaires au patient pour travailler sur l'Artmove en autonomie lui soient apportés dans le livret patient, des consignes ainsi qu'un contrôle de votre part restent essentiel.

- S'assurer que le patient se lave les mains avec la **solution hydro alcoolique** prévue à cet effet avant de toucher le matériel.

- Après la sélection et le lancement des exercices par vos soins, le patient travaillera en autonomie. Il doit **cliquer sur «** ok **»** à l'aide du guidon au message de félicitations qui s'affiche chaque fois qu'il réussit un exercice pour passer à l'exercice suivant.



Rem : *si vous jugez que le patient a trop de difficultés pour cliquer sur ok et que cela lui fait perdre un temps de séance trop important, vous pouvez l'autoriser à utiliser la touche entrée du clavier ou la souris de l'ordinateur.*

- Il est à rappeler que pour les créneaux et labyrinthes, le patient doit essayer de **respecter le plus précisément possible le tracé**. Il doit, au fil des séances, réussir à mieux maîtriser la coordination musculaire à la fois bilatérale et agoniste/antagoniste pour gagner en fluidité et en rapidité des gestes. Pour les puzzles, le principe reste le même mais le tracé n'est plus défini, le patient doit choisir judicieusement la direction de ses mouvements et bien contrôler ses gestes pour ne pas malpositionner les pièces, ce qui l'obligerait à s'y reprendre en plusieurs fois.

- Lorsque l'ensemble de la série d'exercice **est** réalisée, le temps de séance restant peut-être mis à profit par le patient pour poursuivre son entraînement en **relançant** la liste d'exercices. Il doit cliquer sur « lancer les exercices ».

Rem : *si le patient « bloque » réellement sur un exercice pour sortir et passer à l'exercice suivant appuyez sur la touche « Echap » (touche du haut à gauche) du clavier. Aucune donnée sur cet exercice ne sera alors enregistrée.*

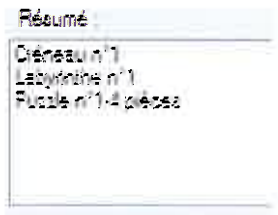
***Intérêts** : si le temps de séance est écoulé pour passer les exercices non terminés, si vous devez écourter une séance, en cas de puzzle trop long, lors de nombreuses erreurs de parcours dans un labyrinthe, si le patient s'énerve sur l'exercice, lors d'une erreur de sélection d'un exercice au départ (trop dur pour le patient), etc.*

9. Particularité de la première séance

Avant la première séance, le patient reçoit par vos soins le livret explicatif qui lui est destiné. Vous devez voir avec lui :

- le fonctionnement du **guidon** (page 2)
- **l'aide minimale** à apporter (page 8)
- la compréhension des consignes en restant à ses cotés durant la **première série d'exercices** proposés (voir ci-dessous).
- la finalité de l'exercice : qui est de privilégier un **travail de qualité** qui s'améliorera en rapidité secondairement

Rappel des exercices :

	Types d'exercices	Visuel des exercices	Enumération dans « résumé »
Niveau 0 : 1er séance	Créneau		
	Labyrinthe		
	Puzzle	4 pièces	

10. Critères d'évolution

Pour **passer** au niveau suivant le patient doit réunir 2 conditions :

- L'**aide** apportée par le poids doit correspondre à **l'aide minimale nécessaire.**
- Le **temps** de réalisation de l'exercice doit avoir **diminué de 25 %** par rapport au premier temps réalisé (T0).

+

Rem : *Dans le cas d'un changement de niveau il faut être attentif à la fatigue, au-delà de 7/10 sur l'échelle d'évaluation de la fatigue il est préférable de revenir au niveau inférieur, au moins pour une partie des exercices, pendant quelques séances au moins.*

Rappel : Au-delà de 7/10 sur l'échelle d'évaluation de la difficulté, il faut augmenter l'aide apportée par le poids de 150g en 150g.

11. En terme de temps…

L'installation et le contrôle en fin de séance par le thérapeute prennent 5 minutes chacune en moyenne.

La série d'exercices durent **20 min** en moyenne (maximum 30 min) pour éviter une fatigabilité trop importante.

L'entraînement s'effectue **5 jours par semaine**. Le nombre de semaines varie selon la progression globale du patient et les objectifs MK.

12. Fin des séances

Des paramètres sont à relever concernant :

- **la difficulté ressentie**

L'intérêt de ce type de travail est que les exercices restent suffisamment simples pour que le patient puisse maîtriser sa musculature. A la fin de chaque séance, notez **la difficulté** du patient sur l'échelle d'évaluation de la difficulté entre 0 et 10.

Question posée au patient : « Veuillez noter la difficulté que vous avez eu à réaliser les exercices de cette séance entre 0 (aucune) et 10 (impossible) »

A la séance suivante :

- ≥7 /10 EN on augmente l'aide apportée de 150 g en 150 g.
- ≤4 /10 EN on peut diminuer l'aide apportée de 150 g en 150 g.

- **la fatigue**

La concentration nécessaire aux exercices étant importante, à la fin de chaque séance, nous notons **la fatigabilité** du patient sur l'échelle d'évaluation de la fatigue entre 0 et 10.

Question posée au patient : « La séance d'exercice vous a-t-elle fatigué ? Répondez par une note entre 0 (pas du tout) et 10 (extrêmement) ».

NB : l'évaluation doit reprendre la fatigabilité du patient uniquement par rapport aux exercices proposés (et pas de sa journée globale).

A la séance suivante :

Une fatigue rapportée comme supérieure à 7 est à signaler dans la fiche de suivi du patient, à la fin de la séance.

Cela peut signifier que le changement de niveau s'est effectué trop tôt. En cas de remarques similaires à la séance suivante, il convient de proposer, pour une partie des exercices au moins, un niveau plus faible durant quelques séances.

Une fatigue importante ponctuelle, sans changement de niveau récent, peut simplement signifier un état de fatigue non en rapport avec la situation d'exercice. Si vous jugez que c'est le cas, il est inutile de modifier les paramètres de travail pour la fois suivante.

- **les douleurs**

Elles peuvent être musculaires et signifier que la situation de travail est trop exigeante.

Elles peuvent être dues à un problème d'installation. Reportez-vous au chapitre «4. Installation au poste de travail », page 6, pour y remédier.

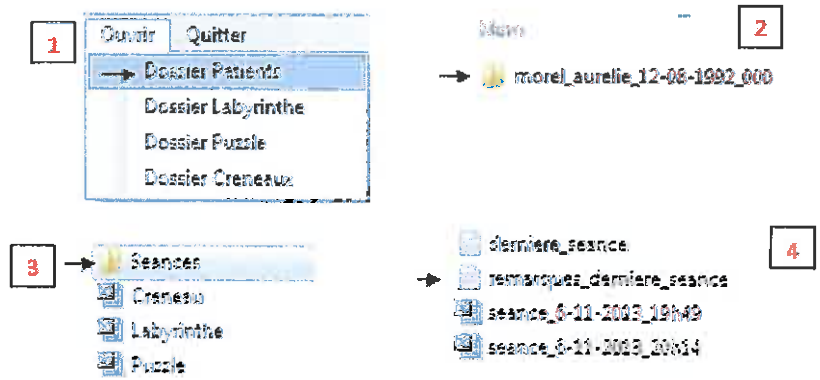
Surveillez toutes douleurs nouvelles. (Attention au SDRC !)

Rem : *notez également toute remarque qui vous paraîtrait nécessaire, telle qu'un* ***problème d'installation****, un* ***souci informatique*** *à rapporter, etc.*

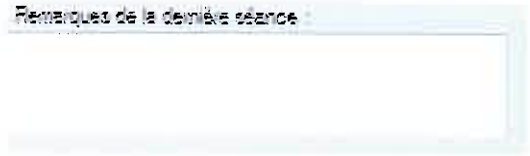
Toutes ces informations sont collectées à la fin de la séance dans le tableau de suivi du patient. Vous pouvez également mettre vos **remarques** directement dans le logiciel.

Pour noter des remarques dans le logiciel (pour la séance suivante uniquement), il faut les inscrire dans le fichier texte prévu :

- Allez dans « ouvrir » en haut à gauche, sélectionnez le « dossier patients »(1), cliquez sur le patient concerné(2) puis choisissez « séances »(3) et le fichier texte « remarques_derniere_seance »(4).



Les remarques sont sauvegardées et peuvent être retrouvées à la séance suivante, dans l'encadré « remarques de la dernière séance»



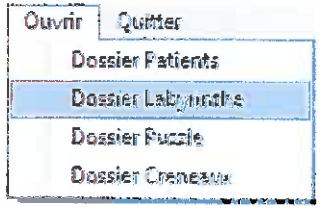
Si vous souhaitez supprimer ou changer le texte, vous devez retourner dans le fichier texte « remarques_dernière_séance ».

Rem : *cette fonction peut-être utile si le patient n'a pas son livret sur lui afin de se rappeler du changement de poids aidant pour préparer la séance suivante par exemple.*

13. Suivi et récupération des données

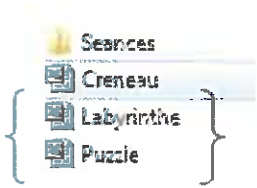
Dans la barre d'outils supérieure, vous trouverez plusieurs dossiers :

Les dossiers « dossier labyrinthe », « dossier puzzle » et «dossier créneaux » permettent d'avoir **l'aperçu des miniatures de tous les exercices en fonction du type choisi.**



Rem : *L'intérêt est surtout de visualiser les différentes images proposées pour les puzzles. Vous pouvez aussi l'utiliser, par exemple, durant la première séance ou à un changement de niveau pour analyser un parcours avec le patient ou lui montrer ce qu'il l'attend à la séance suivante.*

Le « dossier patient » permet, après avoir sélectionné le patient voulu, d'avoir des **informations sur les séances précédentes** :



Pour chaque fichier Excel intitulé « créneau », « labyrinthe » ou « puzzle » les exercices de la catégorie choisie, réalisés lors des séances précédentes, sont présentés avec :

- la date et l'heure à laquelle l'exercice a été fait,

- le **temps** mis,

- le type de l'exercice,

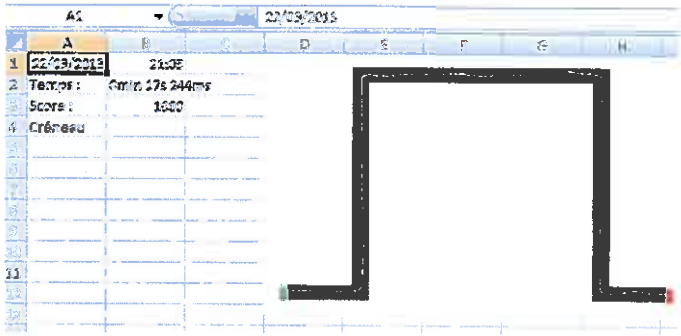
- le nombre de pièces pour un puzzle,

- le nombre de **murs** pour un labyrinthe,

- le visuel de l'exercice avec le **tracé du parcours** du patient pour les créneaux ou labyrinthes,

- le score mais celui-ci est inutile.

Exemple :



Attention : le contenu des fichiers Excel n'étant pas « standard » un message de mise en garde s'affiche avant l'ouverture du fichier : cliquez « oui »

Le dossier « Séances » donne accès aux fichiers :

- « dernière séance » un fichier texte contenant la **liste des derniers exercices** de la séance (peut être utile si vous avez effacé par mégarde la liste des exercices dans résumé, autrement reprendre le tableau page 13).

- « remarques dernière séance » (voir page 30)

- les fichiers Excel nommés « séance_date_heure » retracent tous **les exercices réalisés, quelque soit le type, durant la séance** avec les mêmes informations que pour les fichiers Excel « créneau », « labyrinthe » ou « puzzle » décrits à la page précédente.

Il est conseillé de les consulter régulièrement pour **voir la qualité des tracés** des patients et savoir s'ils font correctement les exercices ou s'ils se précipitent !

14. Tableau de suivi du patient

Encadré réservé au kiné

L'encadré est à compléter dans le livret patient. Il sert de référence pour savoir quand passer au niveau suivant.

- Rappelez le nom et prénom du patient.

Nom :

Prénom :

Niveau	Aide minimale nécessaire	Sommes des temps (T0)		Objectif de temps 75%(T0)	
1	g	Min	Sec	Min	Sec
2	g	Min	Sec	Min	Sec
3	g	Min	Sec	Min	Sec

- **L'aide minimale nécessaire**

La **première séance** sert d'entraînement avec des exercices spécifiques. Vous y rechercherez **l'aide minimale nécessaire** (AMN) à compléter dans l'encadré kiné mais aucune information sur les temps réalisés n'est à récupérer à cette séance. L'AMN est à tester **à chaque changement de niveau** pour s'adapter au mieux à la progression en coordination.

- **Somme des temps (T0)**

Calcul de la somme des temps réalisés lors du premier essai des exercices d'un niveau.

Les temps mis à chaque exercice (retrouvés dans le fichier Excel « séances_date_heure » voir page 32) sont additionnés pour compléter le champ « **somme des temps (T0)** » de l'encadré kiné. Pour ce calcul, ne prendre en compte que les **minutes et secondes** avec pour règles :

- d'arrondir à la seconde supérieure si ≥ 500 msec,

- d'arrondir à la seconde inférieure si <500 msec.

Rem : *la **seconde séance** n'apparaît pas dans le tableau de suivi du patient mais elle permet de réaliser pour la première fois les exercices du niveau 1. Vous compléterez lors de cette séance l'encadré kiné, ligne 1(niveau 1).*

- **L'objectif de temps**

Pour passer au niveau supérieur, il faut que le patient ait amélioré son premier temps de 25 %. L'objectif de temps est donc que le patient réalise au minimum 75 % de la somme des temps (T0).

Objectif de temps = 0,75 × Somme des temps (T0) (en secondes)

L'objectif est à recalculer **à chaque changement de niveau.**

Ex : *lors du premier essai du niveau 1 (à la séance 2), complétez la ligne 1. Vous connaîtrez ainsi les valeurs à obtenir pour passer au niveau suivant.*

Tableau de suivi du patient : A compléter chaque jour dans le livret du patient. Exemple ci-dessous :

Séance	Date	Niveau	Somme des temps	Difficulté	Fatigue	Poids aidant	Modifications pour la séance suivante / Remarques supplémentaires
1	5/11	1		10	6	150g (AMN)	+300g (Le MK juge que +150g serait insuffisant pour diminuer la difficulté sous les 7/10)
2	6/11	1		6	5	450 g	aucune
4	7/11	1		4	3	450 g	Diminuer l'aide de 150g Rem : erreur de parcours dans labyrinthe
5 = test	9/11	1	2'32'' (objectif : 2'13'')			300g AMN : 150g	Pas de changement de niveau
6							
7							
9	12/11	1		4	2	150g	Atteinte de l'AMN (plus de diminution de poids)
10 = test	13/11	1	2'05'' (objectif : 2'13'')	5	2	150g	Objectifs atteints = Passage au niveau 2
12	14/11	2	Nouvelle objectif temps à calculer	9	8	150g	+150g et garder le puzzle en 4 pièces (niv.1)
13	15/11	2		7	7	300g	Ajout de 150g Essayer puzzle 6pièces

- **Somme des temps**

La somme des temps est le critère à **comparer,** à chaque séance-test, **à l'objectif de temps** pour savoir si le patient peut passer au niveau supérieur. (Procédure de calcule identique à la somme des temps (T0)).

Rem :

- Lorsque vous récupérez les données dans le fichier séance_date_heure, prenez ***la première série*** *d'exercices effectuée par le patient si celui-ci a relancé la série.*

- Pour éviter tout calcul inutile, vous pouvez attendre que le poids aidant corresponde à l'aide minimale nécessaire avant de vous intéresser aux temps réalisés.

• La **difficulté** et la **fatigue** sont à compléter avec le patient à l'aide des indications fournies dans le chapitre «12. Fin des séances »page 28.

- **Modifications pour la séance suivante**

Vous pouvez :	Si :	Précisez alors pour la séance suivante:
Réduire le nombre d'exercices	Les exercices sont trop longs pour le patient	Quels types d'exercices vous voulez diminuer et à quel niveau
Ecourter la séance	Le patient est trop fatigué, douloureux etc. durant la séance (selon l'appréciation du kiné)	S'il faut diminuer le nombre d'exercices ou le temps de la prochaine séance
Diminuer le niveau d'un ou plusieurs exercices	L'échelle d'appréciation de la fatigue ≥7	La liste des exercices à sélectionner
Augmenter le poids aidant	L'échelle d'appréciation de la difficulté ≥7	Le poids à ajouter (150g ou +)
Diminuer le poids aidants	L'échelle d'appréciation de la difficulté ≤4	Le poids à diminuer (150g ou -)

- **Remarques supplémentaires**

Le nombre de **murs touchers** dans les exercices de labyrinthe est important à surveiller, notamment si y a une amélioration significative des temps réalisés lors d'un jour test. Si le nombre de murs est très augmenté, vous pouvez décider de ne pas faire augmenter de niveau un patient car il a travaillé en force avec le membre sain. Attendez alors le prochain jour test.

Rappel : toute **douleur**, tout problème d'**installation** ou problème **informatique** est également à signaler dans cette colonne. De même toute justification d'un **temps anormalement long** (s'est arrêté avant la zone rouge, a mis une pièce au mauvais endroit etc.).

15. En résumé : déroulement d'une séance

1. **Installez** le patient

2. En fonction de la difficulté ressentie à la dernière séance, **ajustez le poids**.

Rappel : Un niveau sur l'échelle d'appréciation de la difficulté :

- ≥7 ->augmentez le poids aidant de 150 g ou plus
- ≤4 ->diminuez de 150 g ou plus

3. En fonction du niveau du patient, reportez-vous au tableau page 13 pour **sélectionner les exercices** nécessaires ou vérifier que la liste dans « résumé » est la bonne. Modifiez l'image du puzzle.

4. **Lancez les exercices.**

5. A la fin de la séance, **complétez le tableau de suivi** du patient dans son livret à l'aide du dossier « séance_date_heure »)

6. Vérifiez les critères d'évolution chaque semaine (séance-test) : les **temps et l'aide apportée**.

- Si les critères sont bons -> passage au niveau supérieur à la séance suivante.

- Sinon -> maintien des paramètres à la séance suivante.

7. Au changement de niveau, complétez l'encadré kiné pour connaître les nouveaux objectifs du patient.

Rappel : si fatigue trop importante (≥7EN) revenir au niveau inférieur ou diminuer le niveau de difficulté pour une partie des exercices. Dans ce cas l'inscrire dans « Modification séance suivante ».

Annexe IV :
Livret patient

Ce livret appartient à Nom : Prénom :

Armove

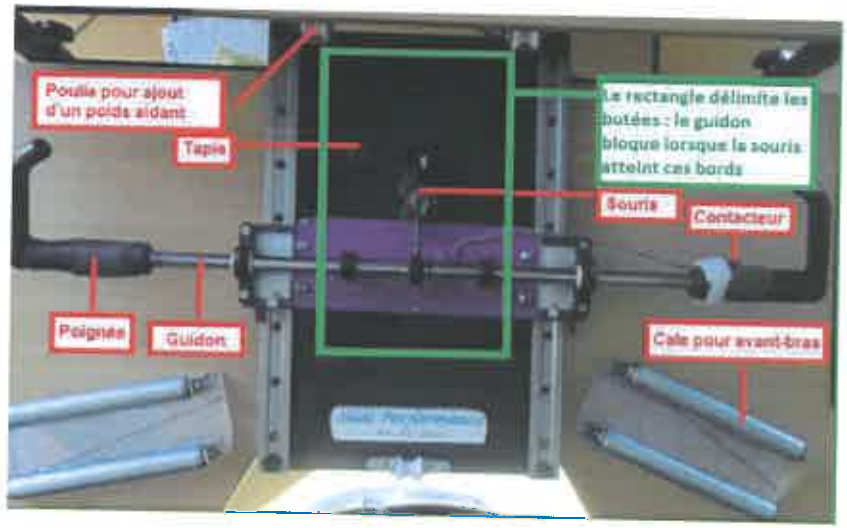
Livret explicatif au patient

Sommaire

1. Présentation de l'Artmove — Page 1
2. Pourquoi utiliser cet appareil ? — Page 2
3. Installation — Page 3
4. Consignes d'utilisation — Page 5
5. Possibilité d'exercices
   - Créneaux — Page 7
   - Labyrinthe — Page 9
   - Puzzles — Page 11
6. Déroulement des séances — Page 14
7. A la fin de la séance — Page 16
8. Pourquoi répéter toujours les mêmes mouvements ? — Page 17
9. Tableau de suivi — Page 18

1. Présentation de l'Artmove

L'appareil se compose des éléments suivants ainsi que d'un écran d'ordinateur :



Pour rendre les différents exercices ludiques, l'appareil est couplé à un logiciel informatique qui propose plusieurs exercices (voir Possibilité d'exercices p.7). Ainsi lorsque vous déplacez le guidon, vous déplacez simultanément la souris de l'ordinateur sur l'écran !

Il faut **pousser symétriquement** sur le guidon pour ne pas qu'il se bloque. Pour vous y aider, votre kiné détermine avec vous une aide par un poids qui compense le manque de force du bras hémiplégique.

2. Pourquoi utiliser cet appareil ?

L'Armove permet de faire travailler les deux bras en **coordination.**

Vous devez faire les mouvements avec les deux bras en même temps ! Il s'agit de faire **travailler activement** votre bras hémiplégique.

Au cours des exercices, ce travail doit permettre :

- d'améliorer la **régularité** et la fluidité des gestes
- d'augmenter la **force** des muscles
- de **diminuer les compensations** du buste qui a tendance à aller vers l'avant lorsque vous voulez aller chercher un objet devant vous
- de mieux contrôler la raideur ressentie dans votre bras
- d' orienter la main dans l'espace vers l'objet ou la cible souhaitée

3. Installation

Avant de démarrer le travail sur l'appareil, vous devez avoir les mains propres. Pour cela, frictionnez-vous les mains avec de la **solution hydroalcoolique** .

Placez-vous en position **assise** dans votre fauteuil ou sur une chaise **face à l'écran.**

Votre kiné vous aide à vous installer avec :

(1). le **buste maintenu à la chaise** afin que lors des mouvements vers l'avant ce soit bien le coude et les épaules qui **se** tendent et non pas le buste qui se penche en avant

(2). les **avant-bras sur des rouleaux** (cales) qui soutiennent les bras pour soulager le travail de soutien des épaules et éviter que les avant-bras ne frottent contre la table

(3). les **mains sur les poignées** du guidon. Si nécessaire, la **main hémiplégique est attachée** à la poignée par une bande ou une attache.

(4). le **contacteur** placé **sous l'index** du coté sain

4. Consignes d'utilisation

Pour réaliser les différents exercices proposés, il faut déplacer le guidon sur le tapis afin que la souris se déplace à l'écran.

Les mouvements ne peuvent pas être courbes. Il faut se déplacer **d'avant en arrière** ou de **gauche à droite**.

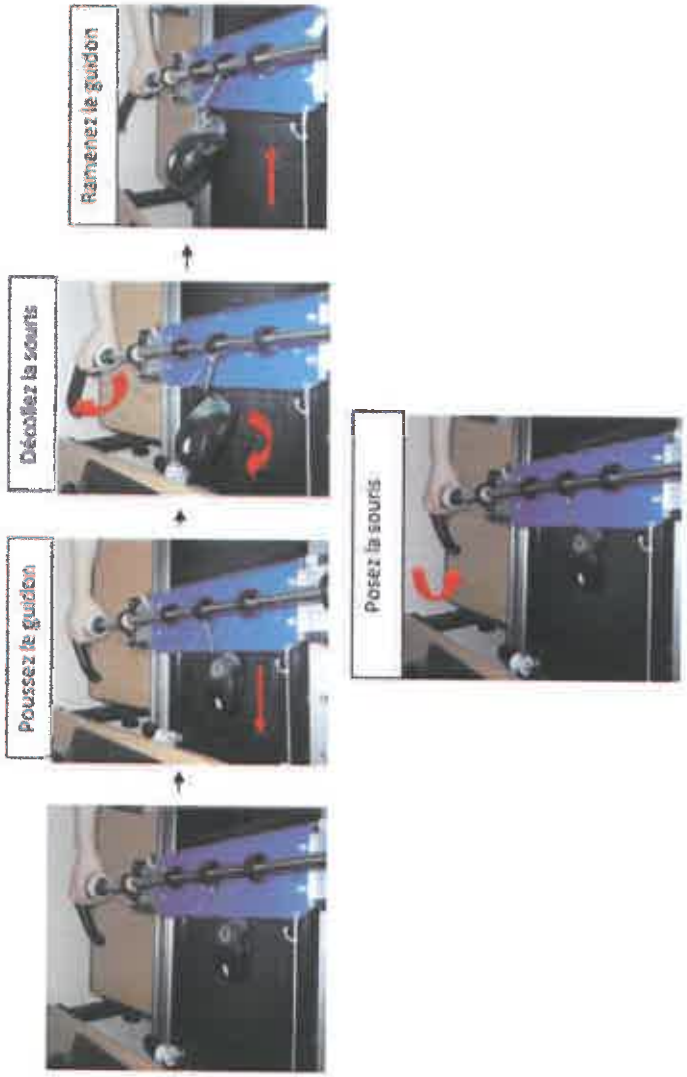
Lors d'une grande trajectoire plusieurs déplacements successifs du guidon sont nécessaires pour aller au bout du chemin voulu, le tapis n'étant pas assez long ou large pour faire le tracé en une fois.

Il faut donc procéder par étape, comme ci-après (voir page suivante) avec l'exemple d'un mouvement vers l'avant.

Le décollement de la souris est obtenue en levant le poignet vers le plafond (extension) du coté non atteint seul ou si cela est possible avec les deux poignets en même temps.

Le contacteur correspond au clic de souris. Il s'utilise pour tracer un chemin ou déplacer une pièce de puzzle. Vous devez **maintenir le contacteur appuyé tout au long de vos déplacements.**

Exemple de déplacements du guidon, lors d'un mouvement vers l'avant :



5. Les différents exercices

Certains exercices affichent des scores mais n'en tenez pas compte !

Créneaux

Consigne:

Suivre **au mieux** le chemin proposé pour se rendre le plus rapidement possible du carré vert au carré rouge.

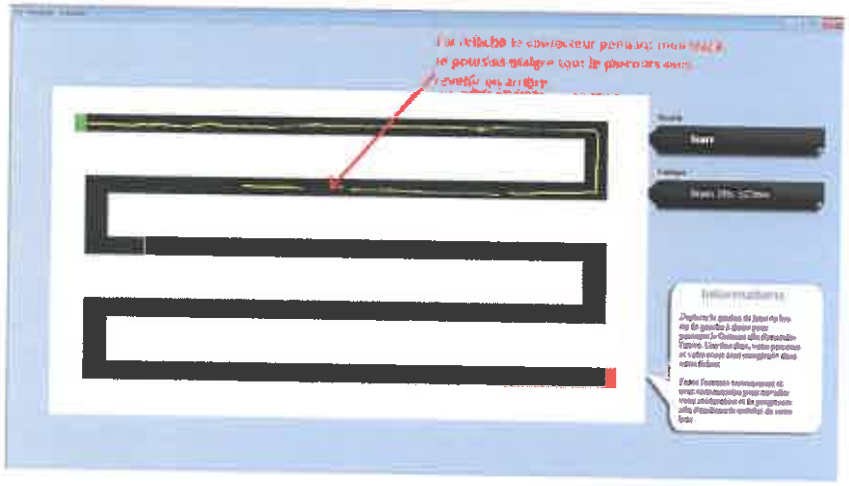
But :

Maîtriser au mieux sa raideur pour tendre le bras sans à-coups et éviter de perdre du temps. En effet la **qualité des mouvements** importe autant que la rapidité !

Remarques:

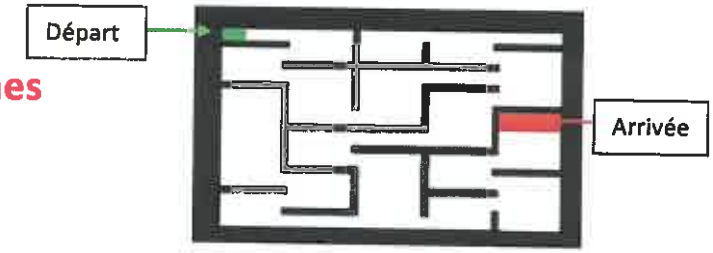
- Le chronomètre démarre lorsque la souris quitte le carré vert et s'arrête quand la souris rejoint le carré rouge. Si le temps continue à défiler c'est que vous n'êtes pas allé suffisamment loin dans le carré rouge. Le temps sert de repère pour voir votre amélioration au fil des séances.

- Il faut appuyer sur le contacteur pour que le tracé de la trajectoire se dessine en jaune. Ce tracé permet, à vous et au kiné qui vous suit, d'apprécier la qualité de votre travail. Si vous avancez le guidon sans appuyer sur le contacteur, le curseur de la souris avance sans tracer. Pas besoin pour autant, de revenir en arrière car cela vous fait perdre du temps.



Astuce : Appuyez sur le contacteur durant tout l'exercice, même quand vous décollez la souris du tapis pour éviter un retard de traçage !

Labyrinthes



Consigne :

Retrouvez le bon chemin pour vous rendre le plus rapidement possible de la zone verte à la zone rouge **sans toucher les murs**.

Attention : les zones vertes ne sont pas toujours à gauche !

Astuce :

Le chronomètre ne démarre pas tant que la souris n'est pas sortie du carré vert. Profitez-en pour **réfléchir au bon chemin** à suivre ! En effet, en cas **d'erreur de parcours**, il faut **revenir sur vos pas** parfois jusqu'au début, ce qui est une sacrée perte de temps. Si vous avez fait une erreur de parcours, signalez –le à votre kiné, pour qu'il sache pourquoi vous avez mis du temps.

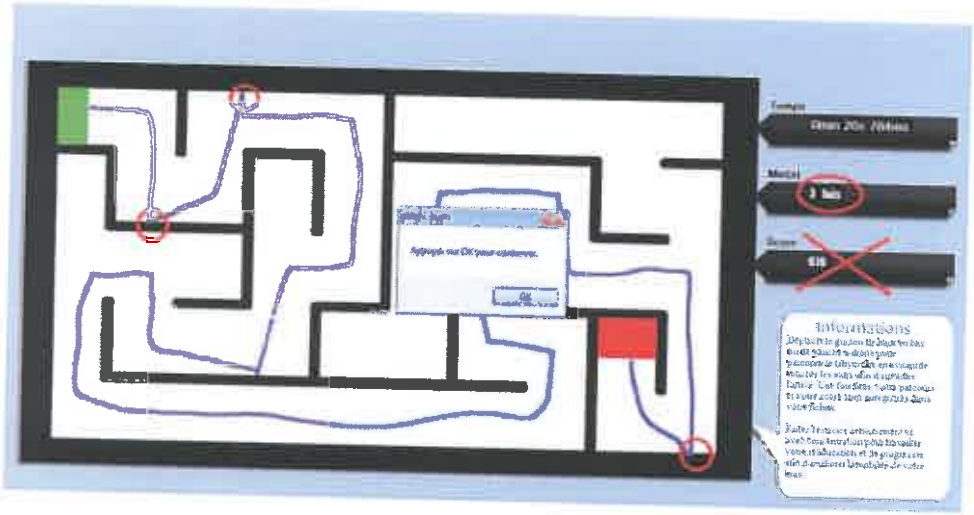
Rem : *comme pour le créneau, le chronomètre doit s'arrêter lorsque la souris rejoint le carré rouge. Si le temps continue à défiler, allez plus loin dans le carré rouge.*

But :

- Cet exercice permet d'une part d'analyser l'espace et de s'y repérer.
- D'autre part, comme pour les créneaux, il faut contrôler la raideur de son bras pour éviter les à-coups qui font perdre du temps.

Le nombre de murs que vous avez touché est comptabilisé, cela à titre indicatif pour apprécier la qualité de votre travail. Il faut donc aller le plus vite possible en touchant le moins de murs possible.

Rem : *il y a parfois des comptabilisations inexpliquées. Votre kiné le sait et en tient compte.*



Le tracé est en **bleu**. De même que pour les créneaux, il faut maintenir le contacteur appuyé sans quoi le chemin ne se trace **pas**. S'il manque des morceaux, inutile de revenir en arrière vous perdriez du temps !

Puzzles

Pour le puzzle choisissez l'image que vous souhaitez reconstruire et changez-en tous les jours. En revanche, c'est votre kiné qui choisit le nombre de pièce du puzzle.

Consignes :

Vous devez **positionner les morceaux** d'image à gauche de l'écran sur la partie correspondante du modèle à droite.

Pour déplacer une pièce, cliquez dessus et maintenez le contacteur appuyé pour faire glisser l'image en bougeant le guidon. Le temps démarre au premier clic.

But :

Le but est donc de maîtriser vos gestes pour perdre le moins de temps possible.

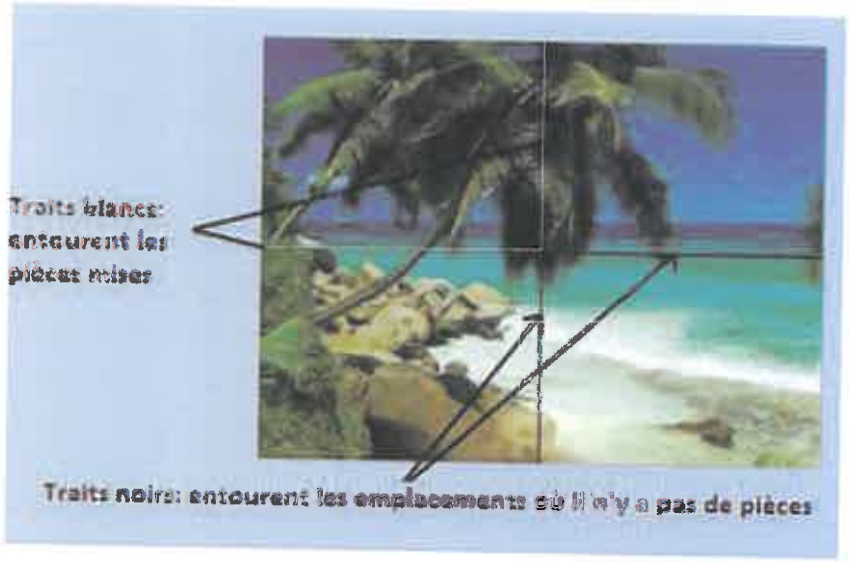
Pour cela évitez les à-coups durant les déplacements des pièces.

Avant que le chronomètre ne se mette en route (au premier clic), vous pouvez affiner votre stratégie pour améliorer votre temps. Repèrez les pièces et leurs emplacements par exemple.

Rem : Si lorsque vous avez fini de déplacer toute les pièces le temps continu à défilé, c'est qu'il y a des erreurs : des pièces sont inversées.

Astuce : Les morceaux bien positionnés s'entourent d'un liseré blanc, tandis que les places encore disponibles sont entourées d'un liseré noir.

Rem : *plus il y a de pièces, plus il est compliqué de distinguer quelle place est libre...*



Attention :

Une pièce lâchée ou positionnée à la mauvaise place ne retourne pas à la case départ !

Il n'y a pas d'indication de l'erreur non plus !

De même, une pièce bien positionnée peut tout à fait être **redéplacée**, même si l'emplacement est juste.

En revanche, une pièce n'a pas besoin d'être déplacée exactement à l'emplacement du modèle : si les bords de la pièce sont proches de ceux du modèle, elle se superpose d'elle-même en relâchant le contacteur.

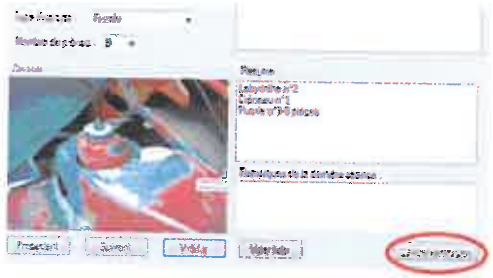
6. Déroulement des séances

- Avant de débuter les exercices, **lavez-vous les mains** avec la solution hydroalcoolique.

- Votre kiné vous aide ensuite à vous **installer**.

- Il positionne le poids aidant : le tapis bloque si l'on ne pousse pas le guidon simultanément avec les deux bras. A la première séance le kiné évalue l'aide nécessaire pour que cette gêne n'arrive pas. L'aide se matérialise par un poids qui va aider le bras à se tendre. Selon les difficultés rencontrées dans les exercices, votre kiné peut augmenter le poids apporté pour vous aider.

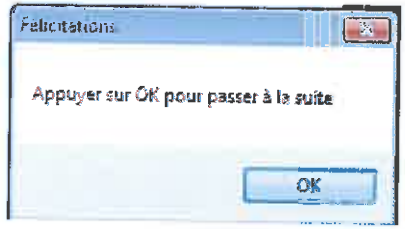
- Votre kiné établit alors la liste des exercices et **lance la série** (s'il ne le fait pas, vous pouvez cliquer vous-même sur l'onglet « lancer exercices » en bas à droite).



- Les exercices s'enchaînent et vous les réalisez en **autonomie.**

Rappel : Le temps ne démarre qu'au premier clic, lorsque la souris sort du carré vert. Profitez-en pour analyser l'exercice à réaliser.

- A la fin de chaque exercice, une fenêtre apparaît au milieu de l'écran : **cliquez sur « OK ».**



Rem : *Si la fenêtre n'apparaît pas, c'est que le* ***temps continue à défiler.***

Rappel : - Pour un labyrinthe ou un créneau : vous n'êtes pas allé suffisamment loin dans le carré rouge,

- Pour un puzzle : il y a une erreur, des pièces sont inversées.

NB : Pour progresser dans les exercices vous devez d'abord **maîtriser vos gestes** avant de pouvoir maîtriser le chronomètre ! Pour réaliser les exercices vous ne devez pas vous crisper, vos muscles ne doivent pas résister aux mouvements. Il y a donc un travail de contrôle sur le relâchement de vos muscles à réaliser avant de pouvoir gagner en rapidité. La rapidité vient avec l'amélioration de la coordination des différents muscles du bras ainsi que de la coordination des 2 bras ensembles.

- Vous avez terminé tous les exercices et la séance n'est pas finie : vous pouvez **redémarrer la série** en cliquant en bas à droite sur l'icône « lancer exercices ».

Une séance dure **20 à 30 minutes**.

7. Fin de la séance

Vous devez signaler à votre kiné :

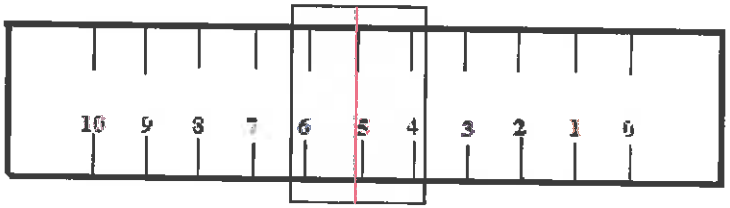
- Si vous avez relancé les exercices, combien de séries vous avez réalisées

- Les erreurs de parcours dans le labyrinthe ou une pièce de puzzle mal positionnée (qui justifie le temps réalisé)

- Si des **douleurs** sont apparues

- **La difficulté** ressentie à la réalisation des exercices
- **La fatigue** que ces exercices ont entrainée

Vous donnerez une note à la difficulté ressentie et à la fatigue entre 0 (extrêmement simple/aucune fatigue) et 10 (exercice impossible / fatigue extrême).



Ces trois derniers points sont très importants pour que votre kiné puisse vous proposer une **séance adaptée** !

8. Pourquoi répéter toujours les mêmes mouvements?

La qualité des gestes demande fluidité, rapidité et coordination.

La répétition permet d'améliorer la facilité à faire le geste travaillé car le geste est retrouvé plus facilement ensuite.

L'efficacité du travail est donc dûe à la répétition : c'est un entraînement !

Le but est de pouvoir plus facilement et spontanément **se servir de son bras** dans la vie de tous les jours.

Tableau de suivi

Encadré réservé au kinésithérapeute :

Nom :

Prénom :

Niveau	Aide minimale nécessaire	Sommes des temps T0	Objectif de temps 75%(T0)
1	g	Min Sec	Min Sec
2	g	Min Sec	Min Sec
3	g	Min Sec	Min Sec

A chaque séance veuillez remplir avec votre kiné les cases difficulté et fatigue :

- Avez-vous trouvé cette séance d'exercice difficile ?

Répondez par une note entre 0 (liste d'exercice extrêmement simple) et 10 (liste d'exercice impossible à réaliser)

- La séance d'exercice vous a-t-elle fatigué ?

Répondez par une note entre 0 (pas du tout) et 10 (extrêmement).

Rem : *La fatigue dont fait l'objet la question précédente concerne votre fatigue attentionnelle (concentration importante ...) suite à l'entraînement sur l'Armove.*

Séance	Date	Niveau	Somme des temps	Difficulté	Fatigue	Poids aidant	Modifications pour la fois suivante & Remarques supplémentaires
3		1				g.	
4		1				g.	
5 = test		1				g.	
6						g.	
7						g.	
8						g.	
9						g.	
10 = test						g.	
11						g.	
12						g.	
13						g.	

Séance	Date	Niveau	Somme des temps	Difficulté	Fatigue	Poids aidant	Modifications pour la fois suivante & Remarques supplémentaires
14						g.	
15 = test						g.	
16						g.	
17						g.	
18						g.	
19						g.	
20 = test						g.	
21						g.	
22						g.	
23						g.	
24						g.	

Séance	Date	Niveau	Somme des temps	Difficulté	Fatigue	Poids aidant	Modifications pour la fois suivante & Remarques supplémentaires
25=test						g.	
26						g.	
27						g.	
28						g.	
29						g.	
30=test						g.	
31						g.	
32						g.	
33						g.	
34						g.	
35 = test						g.	

Séance	Date	Niveau	Somme des temps	Difficulté	Fatigue	Poids aidant	Modifications pour la fois suivante **& Remarques supplémentaires**
36						g.	
37						g.	
38						g.	
39						g.	
40=test						g.	
41						g.	
42						g.	
43						g.	
44						g.	
45=test						g.	
46						g.	

Séance	Date	Niveau	Somme des temps	Diffi-culté	Fati-gue	Poids aidant	Modifications pour la fois suivante & Remarques supplémentaires
47						g.	
48						g.	
49						g.	
50=test						g.	
51						g.	
52						g.	
53						g.	
54						g.	
55=test						g.	
56						g.	
57						g.	