



HAL
open science

Conception et évaluation d'un jumeau numérique pour l'évaluation de la motricité fine de patients atteints de troubles neuromusculaires Application à l'échelle d'évaluation de la MFM

Adriana Gomes Lisboa de Souza, Guillaume Thomann

► To cite this version:

Adriana Gomes Lisboa de Souza, Guillaume Thomann. Conception et évaluation d'un jumeau numérique pour l'évaluation de la motricité fine de patients atteints de troubles neuromusculaires Application à l'échelle d'évaluation de la MFM. 17ème colloque national S-mart AIP-PRIMECA, Mar 2021, Visioconférence, France. hal-03287259

HAL Id: hal-03287259

<https://hal.science/hal-03287259>

Submitted on 15 Jul 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Conception et évaluation d'un jumeau numérique pour l'évaluation de la motricité fine de patients atteints de troubles neuromusculaires

Application à l'échelle d'évaluation de la MFM

Adriana Gomes Losboa de Souza

Univ. Grenoble Alpes, CNRS, Grenoble INP*, G-SCOP,
38000 Grenoble, France

* Institute of Engineering Univ. Grenoble Alpes
Grenoble – France
anairdasouza@yahoo.com.br

Guillaume Thomann

Univ. Grenoble Alpes, CNRS, Grenoble INP*, G-SCOP,
38000 Grenoble, France

* Institute of Engineering Univ. Grenoble Alpes
Grenoble – France
guillaume.thomann@grenoble-inp.fr

Résumé— *La surveillance précise et régulière de la progression des Maladies Neuro Musculaire est très importante pour évaluer l'efficacité du traitement médicamenteux. Dans la pratique, elle peut être réalisée par des échelles d'évaluation telle que la Mesure de la Fonction Motrice (MFM). Il a toutefois été prouvé l'existence de variabilité inter et intra évaluateurs lors de l'utilisation de cette échelle. La proposition de concevoir et d'évaluer un jumeau numérique sur tablette a pour but de la diminuer en accompagnant le kinésithérapeute dans sa cotation. Deux études seront réalisées pour évaluer les trois interfaces numériques développées à partir des supports conventionnels. La première étude consiste à comparer les valeurs des cotations entre des patients effectuant l'évaluation d'une part de manière conventionnelle et d'autre part sur tablette. La seconde étude permettra d'évaluer le paramétrage mathématique effectué (logiciel TabMe2) en comparant les propositions de cotations des kinésithérapeutes avec celles effectués automatiquement par TabMe2 sur les tracés d'un même patient. Il sera conclu d'une part que l'influence du support sur les résultats du test est très faible et d'autre part que les scores donnés automatiquement par le logiciel TabMe2 sont très similaires aux scores donnés par les kinésithérapeutes, pour deux des trois items paramétrés.*

Mots-clés— *jumeau numérique, tablette, échelle d'évaluation, motricité fine, évaluation automatique*

I. INTRODUCTION

Cet article traite de la conception d'une application numérique sur tablette pour assister l'évaluation, par les kinésithérapeutes, de la motricité fine chez les patients atteints d'amyotrophie spinale infantile (ASI).

La motricité fine consiste à mobiliser des compétences localisées pour effectuer des tâches qui nécessitent maîtrise et dextérité. Son acquisition se produit généralement en parallèle avec le développement cognitif et dans une séquence de contrôle partant des grands groupes musculaires vers les plus petits, en association avec le feedback visuel [1][2]. Après l'acquisition de la motricité fine, son amélioration se réalise par la répétition des activités et par l'entraînement de l'individu.

La perte de motricité est un symptôme commun chez les patients avec déficiences neurologiques chez qui la perte des capacités de marcher et de s'asseoir est observée en premier. Dans les cas des maladies neuromusculaires (MNM), où la faiblesse musculaire et l'atrophie sont assez variées, la motricité fine est en général la dernière fonction perdue.

Dans le domaine des MNMs, plusieurs méthodes d'évaluations peuvent être adoptées pour évaluer la force et la fonctionnalité motrice des patients. Les tests musculaires manuels constituent la méthode la plus simple pour évaluer la force d'un muscle ou d'un groupe musculaire. Il consiste à évaluer la force qui est développée par le patient lors de l'exécution d'un mouvement contre une résistance produite par l'évaluateur. Le niveau de force est alors coté sur une certaine échelle. La plus utilisée est la MRC (Medical Research Council) dont les scores varient entre 0 - pas de contraction musculaire visible et 5 - force normale [3][4][5]. Son avantage est son faible coût, mais les inconvénients sont son manque de sensibilité et de reproductibilité inter-examineur [6].

Parmi toutes les échelles développées pour réaliser des évaluations neuromusculaires et fonctionnelles, la MFM (Mesure de la Fonction Motrice) a été validée pour évaluer la gravité du déficit moteur sur les principales MNMs [7]. C'est cette échelle fonctionnelle, validée et pratiquée à l'international, que nous allons utiliser dans ce présent projet de recherche. Elle a été développée pour évaluer l'impact des progressions de la maladie sur les extrémités distales. Elle comporte des items dédiés aux membres supérieurs et inférieurs. Chaque item est évalué sur une échelle de 0 - ne peut réaliser la tâche ou la position de départ ne peut être tenue à 3 - réalise complètement, "normalement" l'exercice, le mouvement étant contrôlé, maîtrisé, dirigé et réalisé à vitesse constante. Sur les 32 items que comporte cette échelle, les items 17 à 22 sont ainsi dédiés à l'évaluation la motricité de la main (Tableau 1).

Items	Tâches
17	Prend successivement des pièces et en stock 10 pièces dans une main en 20 secondes.
18	Fait le tour du CD avec le doigt.
19	Prend le crayon puis dessine une série continue de boucles dans le cadre.
20	Déchire une feuille pliée en 4, en commençant par le pli.
21	Prend la balle, la soulève, puis retourne la main complètement en tenant la balle.
22	Soulève le doigt puis pose-le successivement sur les 8 dessins de la figure sans toucher le quadrillage.

Tableau 1. ITEMS DE LA MFM DEDIES A L'EVALUATION DE LA MOTRICITE FINE

Malgré des sessions standardisées d'entraînement à la MFM pour les kinésithérapeutes, il persiste une variabilité intra et inter individuelle dans les résultats de cotation des items de la MFM, dépendant principalement de l'évaluateur et de ses qualités intrinsèques de cotateur. Ainsi la formation, l'expérience, l'humeur ou la motivation du thérapeute par exemple sont autant de facteurs difficilement contrôlables ayant des conséquences sur la cotation et sur la mesure. La fatigue, la lassitude ou la motivation du patient peuvent eux aussi affecter les résultats de l'évaluation. Cette situation est à l'origine de ce projet de recherche dont l'objectif est de proposer un outil d'évaluation, précis, reproductible et ludique de la fonction motrice, basé sur l'échelle de la MFM.

La présente recherche vise à proposer et à évaluer un outil pour aider le kinésithérapeute à évaluer la perte de la motricité fine, réduisant les variabilités définies précédemment. Pour cela, il est important de pouvoir capter, enregistrer et analyser les mouvements de motricité fine du patient, dans le but de réaliser des mesures précises pour son diagnostic et son suivi.

II. TECHNOLOGIES POUR LE SUIVI DES MOUVEMENT DE LA MAIN

Les technologies spécifiques telles que les dispositifs de détection magnétique ou électromécanique, des gants et les marqueurs colorés sont largement explorés dans la recherche impliquant le suivi de la main. Les gants de données sont les outils les plus efficaces pour capturer le mouvement de la main, ils fournissent les données de mouvements les plus fiables [8][9]. Il s'agit des gants équipés de capteurs angulaires haute précision permettant de retranscrire l'ensemble des mouvements de la main et des doigts. Malgré la grande précision des données, ils peuvent gêner le mouvement naturel de la main (surtout pour des sujets déjà faibles musculairement) et leur utilisation nécessite des procédures d'étalonnage et de configuration complexe pour obtenir des mesures précises. De plus, si leur utilisation n'est qu'occasionnelle, son coût très onéreux constitue un inconvénient supplémentaire.

Avec l'arrivée récente des capteurs infrarouges 3D (sans marqueurs), de nouveaux capteurs peuvent reconnaître les gestes corporels, permettant une nouvelle forme d'interaction, plus naturelle et intuitive que les solutions précédentes. La Kinect, globalement très efficace pour le suivi les mouvements du corps humain, peut reconnaître les expressions faciales, mais a pour le moment des limites importantes pour suivre les variétés de gestes des mains. Pour les applications qui nécessitent de la reconnaissance du mouvement des mains, le

Leap Motion est plus adapté. C'est un dispositif périphérique USB, conçu pour reconnaître les mouvements des mains pour la réalité virtuelle (Figure 1).



Figure 1. SUIVI DES MAINS PAR LE LEAP MOTION ; SOURCE : LEAP MOTION CONTROLLER

Dans le domaine de la santé, le Leap Motion peut être utilisé pour la rééducation à domicile de la paume ou du doigt [10][11]. Cependant, pour une mesure et une détection correcte de la main avec cet appareil, les doigts de la main doivent être visibles et suffisamment séparés. Les deux mains ne doivent pas être en contact et la posture de la main "poignet cassé" n'est pas recommandée [12][13]. La main doit toujours effectuer des mouvements larges et fluides, dans un espace bien délimité et les mains doivent être positionnées en permanence entre 15 et 25 cm au-dessus du capteur. Ces paramètres ont été étudiés lors d'un travail de recherche précédent et il a été validé que les limitations étaient trop importantes pour pouvoir utiliser le Leap Motion avec les patients avec MNMs.

Une autre catégorie de systèmes, basée sur la détection tactile, peut être envisagée pour les items de la MFM concernées par l'évaluation de la motricité fine et qui nécessite des contacts (items 18, 19 et 22 du Tableau 1). La technologie tablette (Figure 2) est arrivée en masse au début des années 2010, notamment avec le lancement du célèbre iPad d'Apple.



Figure 2. DETECTION TACTILE PAR LA TABLETTE ; SOURCE : ÉCRAN MULTITOUCH - WIKIPEDIA.

Elle a été largement acceptée par le public et a été introduite pour plusieurs applications dans les environnements les plus divers : école, bureau, industrie, loisirs et autres. La tablette a démontré un grand potentiel d'applications dans les domaines de la santé et de la réhabilitation [14][15]. La grande force de cette technologie est sa portabilité.

L'interface d'utilisateur construite autour d'un écran permet l'entraînement de la force, la coordination et la mobilité des doigts et des mains par des actions consistant à glisser, tapoter et écrire, chez les patients présentant des séquelles d'AVC [16]. La tablette permet également d'analyser la dextérité, par la réalisation de mouvements fins, de dessins et d'écritures réalisées à l'écran, en tenant compte de paramètres tels que le temps, la vitesse et l'accélération [17].

La tablette peut être considérée comme un ordinateur avec des plateformes ouvertes, ce qui permet le développement d'applications en mettant l'accent sur les besoins des utilisateurs. Des exemples typiques sont des jeux développés

spécifiquement pour la rééducation, qui favorisent l'attribution de thérapies avec des tâches plus motivantes et spécifiques aux besoins et aux intérêts des patients. Les jeux sérieux peuvent également augmenter le niveau d'implication et d'engagement du patient, augmentant encore l'efficacité du traitement [18].

III. METHODES ET MATERIELS POUR L'EVALUATION DU JUEAU NUMERIQUE

A. Etape1 : évaluation des nouvelles interfaces numériques développées

Le terme de jeux numériques est utilisé ici pour nommer la reproduction en version numérique, des items papier standard utilisés dans la MFM. L'objectif de cette étape est de valider la pertinence des items numérisés proposés. Pour cela, des passations sur les supports conventionnels et sur tablette sont effectuées et évaluées par le kinésithérapeute. Les niveaux de cotations obtenus seront comparés en fonction du type de support, et pour les trois items sélectionnés. 37 patients, enfants et adultes, de 5 à 60 ans, porteurs d'une MNM reconnue et ayant une évaluation MFM prévue dans leur suivi habituel sont inclus dans cette étude. Le patient et/ou le tuteur légal du patient doivent/doit être favorable(s) pour participer à l'étude.

Au cours de l'évaluation MFM proposée, les patients devaient effectuer les items 18, 19 et 22 deux fois : une fois de manière conventionnelle et une fois en utilisant la tablette et le stylet. L'ordre d'exécution entre le support papier et le support de la tablette numérique a été fait de manière aléatoire. Les tracés des dessins correspondant aux touchers des doigts des patients ont été enregistrés en PDF sur la tablette. Les thérapeutes qui faisaient partie de l'étude ont été informés du protocole expérimental et formés sur l'utilisation de la tablette.

Le critère de jugement est la comparaison des cotations données par le kinésithérapeute lors des évaluations conventionnelles avec les évaluations données suite à l'utilisation des interfaces tablette pour les items 18, 19 et 22 de la MFM. Les données ont été analysées à l'aide du logiciel statistique SPSS Statistics (IBM SPSS 2.0).

Le test de Wilcoxon¹ est une méthode non paramétrique pour comparer deux échantillons appariés. Le but du test est de comparer les performances de chaque sujet (ou paires de sujets) afin de vérifier s'il existe des différences significatives entre leurs résultats dans les deux situations. Il a été utilisé pour comparer si les deux cotations (échantillons appariés) sont différentes.

B. Etape2 : évaluation de l'outil de cotation automatique TabMe2

L'objectif principal de cette étape est de comparer les résultats des cotations du kinésithérapeute avec des cotations réalisées automatiquement grâce au logiciel TabMe2. Lors de cette étape, le kinésithérapeute effectue sa cotation à partir d'un tracé effectué par le patient sur le support tablette. La validation du logiciel TabMe2 permettra de réaliser la passation des 3 items de la MFM de manière plus standardisée et avec un outil d'assistance, afin d'améliorer la reproductibilité de l'évaluation MFM.

¹ <http://perso.ens-lyon.fr/lise.vaudor/test-de-wilcoxon-mann-whitney/>

44 patients enfants (4 - 16 ans) porteurs d'une MNM identifiée et ayant une évaluation MFM prévue dans leur suivi habituel sont inclus dans cette étude. Les passations ont été réalisées dans 2 centres de références des MNMs: CHU de Lyon et de Grenoble. Un total de 43 patients a participé aux tests du logiciel TabMe2. L'âge moyen des sujets était de $9,8 \pm 4,07$ ans.

Au cours de l'évaluation MFM proposée, en plus de réaliser les items 18, 19 et 22 sur matériel conventionnel, les patients étaient invités à les réaliser également sur la tablette. Le thérapeute n'a pas eu accès aux cotations attribuées par le logiciel TabMe2 avant de proposer sa propre cotation. Les animations qui permettent de revoir les tracés des dessins correspondant aux touchers des doigts des patients ont toutefois été mises à disposition du thérapeute comme cela serait envisagé dans l'utilisation future. Les résultats des cotations (donnés par kinésithérapeute et par le logiciel TabMe2) ont été enregistrés sur un fichier PDF, dans la tablette. Les coordonnées x et y des tracés et leur temps de réalisation ont également été enregistrés. Les thérapeutes qui faisaient partie de l'étude ont été informés du protocole expérimental et formés sur l'utilisation de la tablette.

Le critère de jugement est la comparaison des cotations données par le kinésithérapeute et par le logiciel TabMe2 lors des évaluations données suite aux passations sur la tablette pour les items 18, 19 et 22 de la MFM. Les données ont été analysées à l'aide du logiciel statistique SPSS Statistics (IBM SPSS 2.0). Le coefficient de corrélation de Spearman² a été utilisé pour vérifier le degré d'association de deux cotations.

C. Modélisation des 3 items identifiés de la MFM

L'étape de modélisation des items consiste à numériser le matériel standard et à créer les interfaces de gestion de ces items. Les versions numérisées du matériel standard utilisé dans les items 18, 19 et 22 de la MFM ont donc été développées (Figure 3). Pour un protocole d'évaluation tel que la MFM, cette numérisation, constitue un défi important, puisque la reproduction doit respecter la totalité des caractéristiques originales. Effectivement, cette échelle est validée à l'international par la communauté des kinésithérapeutes, elle est utilisée quotidiennement et aucune modification de protocole ne peut être autorisée. Les représentations graphiques numériques doivent donc être fidèles aux équipements physiques pour permettre une activité de réalisation de l'item par les patients en tout point identique.

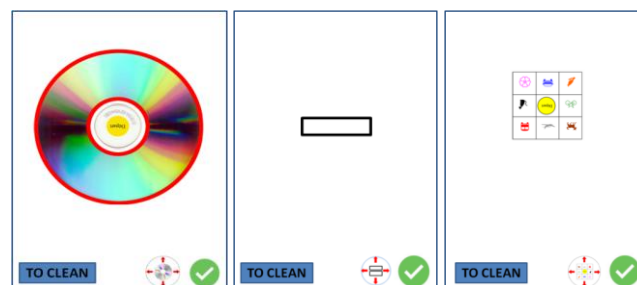


Figure 3. INTERPHASES NUMERISEES DES MATERIELS, RESPECTIVEMENT DES ITEMS 18, 19 ET 22

² http://www.biostat.ulg.ac.be/pages/Site_r/corr_spearman.html

Malgré tout, dans ces propositions, les représentations graphiques peuvent être repositionnées rapidement par le kinésithérapeute sur l'écran de la tablette (utilisation des boutons ronds à flèches rouges disponible sur le bas de l'écran, Figure 3), en fonction des contraintes et capacités fonctionnelles du patient. Le bouton "TO CLEAN" permet de réinitialiser la passation. Grâce au bouton vert, le kinésithérapeute déclenche l'enregistrement des données du patient qui correspondent aux instants où ce dernier touche l'écran. Pour la réalisation de l'item 19, l'utilisation d'un stylet actif est nécessaire.

D. Paramétrage mathématique et critères d'évaluation

La MFM est un protocole très strict de 32 items, chacun étant constitué d'instructions précises à suivre par le patient, en partant systématiquement d'une position ou situation initiale et en allant vers une position ou situation finale. En fonction des items, un ou plusieurs des critères suivants sont analysés par le thérapeute : l'amplitude des mouvements, de la résistance à l'effort, la position articulaire, la transition d'une position à une autre, le niveau d'achèvement de la tâche et le temps de réalisation de la tâche.

Pour le développement du logiciel TabMe2 dédié à l'évaluation automatique des 3 items sélectionnés de la MFM, deux axes de travail ont été étudiés avec des kinésithérapeutes :

- La recherche de règles mathématiques pour la réalisation de modèles paramétriques 2D caractérisant les tracés des items. Ceci dans le but d'évaluer objectivement la qualité du tracé ou du pointage du patient pour chaque item.
- L'utilisation complémentaire judicieuse des paramètres de temps et d'espace rendus disponibles par la technologie. Les coordonnées x et y et les temps d'exécution du toucher sur l'écran sont ainsi enregistrés pour pouvoir qualifier davantage les tracés ou pointages.

Les modélisations et paramétrages qui sont définis ci-dessous pour chacun des trois items 18, 19 et 22 de la MFM ont été implémentés sur la tablette (logiciel TabMe2) et ont permis une analyse comparative entre les cotations effectuées par les thérapeutes et les cotations automatiques. L'implémentation du logiciel TabMe2 a été réalisée en Java, sur Android Studio.

1) Item 18

L'item 18 consiste à faire le tour d'un CD avec un doigt, en commençant par un toucher initial en son centre. Le matériel conventionnel utilisé dans cet item est un CD collé sur une feuille A4 cartonnée (Figure 4a). Pour cet item, la force et la dextérité du membre supérieur et la mobilité des articulations de l'épaule et du coude sont évaluées dans le contexte fusionnel spécifique. Les scores possibles sont : 0 (ne fait pas le tour du petit cercle intérieur du CD avec un doigt), 1 (le patient peut faire le tour du petit cercle intérieur du CD avec un doigt), 2 (le patient peut faire le tour extérieur du CD avec un doigt, avec compensation ou difficulté), et 3 (le patient peut faire le tour extérieur du CD avec le même doigt, sans appui de la main sur la feuille ou la table).

Pour pouvoir identifier automatiquement la qualité des tracés réalisés lors de l'item 18, les définitions préliminaires suivantes sont nécessaires : zones, angle minimum pour l'achèvement du cercle, distance entre les tracés adjacents et seuil de vitesse (minimum).

L'image du CD est ainsi divisée en 3 zones, comme illustré sur la Figure 4b. Le premier toucher du patient doit être à l'intérieur de la zone A1 (intérieur du plus petit cercle gris). Dans le cas contraire, le score sera nul. Un score de 1 nécessite un dessin circulaire complet entièrement à l'intérieur de la zone A2 (identifiée par l'aire comprise entre le petit cercle gris et le cercle gris moyen). À l'intérieur de la zone A3 (entre le cercle gris moyen et le grand cercle gris), un dessin circulaire complet sans compensation sera noté 3 ou 2 si une compensation est observée ou mesurée.

L'angle minimum pour qu'un dessin circulaire soit considéré comme terminé est de 335° , ce qui représente environ 93% d'un cercle à 360° . Ces valeurs ont été déduites des discussions avec les thérapeutes et est totalement transparente pour eux.

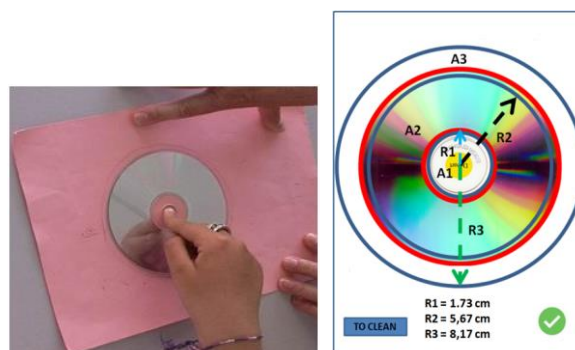


Figure 4. ITEM 18. A. MATERIEL CONVENTIONNEL. B. INTERFACE NUMERIQUE ASSOCIEE

2) Item 19

Pour l'item 19, le patient doit dessiner une série continue de boucles dans un rectangle, avec un crayon, en touchant les bords supérieur et inférieur du rectangle, disponible sur la feuille de cotation (Figure 5a). Les dimensions du rectangle sont de 1 cm x 4 cm, avec une épaisseur de trait du bord du rectangle de 0,1 cm. Dans cette tâche, la force de préhension, la mobilité du poignet et la coordination de la main sont évaluées. Les scores suivants sont possibles : 0 (le patient ne prend pas le crayon ou ne laisse pas de trace écrite), 1 (le patient peut prendre le crayon et laisser une trace écrite à l'intérieur du rectangle), 2 (le patient peut prendre le crayon et dessiner au moins 1 boucle qui touche les bords supérieur et inférieur du cadre) et 3 (le patient peut prendre le crayon et dessiner une série continue de boucles sur toute la longueur du cadre en touchant les bords supérieur et inférieur du cadre).

Pour pouvoir identifier automatiquement la qualité des tracés réalisés lors de l'item 19, les définitions préliminaires suivantes sont nécessaires : zones et seuil de vitesse (minimum). L'image du rectangle est divisée en zones, comme illustré sur la Figure 5b.

Sur la Figure 5b, les différentes zones sont définies de la manière suivante : surface X = 1 cm x 4 cm, surfaces Z1 = Z2

= Z3 = Z4 = 0,4 cm x 0,4 cm et Y est une surface entourant X dont la largeur de bande est de 0,2 cm. T est une surface entourant Y dont la largeur de bande est 0,5 cm.

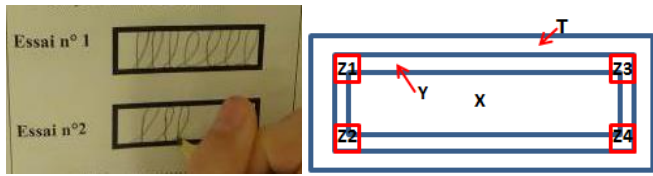


Figure 5. ITEM 19. A. MATERIEL CONVENTIONNEL. B. INTERFACE NUMERIQUE ASSOCIEE

Pour pouvoir distinguer la forme des boucles (triangulaires par exemple), un traitement dynamique du dessin est effectué. Comme le montre la Figure 6, une boucle a 4 points d'inflexion (2 verticaux et 2 horizontaux) et les boucles adjacentes ont des points d'inflexion horizontaux communs (point D sur la Figure 6). De plus, chaque point d'inflexion horizontal est suivi d'un point d'inflexion vertical. Les points d'inflexion horizontaux doivent être à l'intérieur de la zone Y pour une cotation 3.

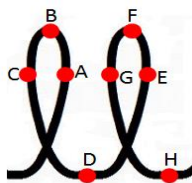


Figure 6. POINTS D'INFLEXION DES BOUCLES. HORIZONTAUX : A, C, E ET G. VERTICAUX : B, D, F ET H

Une vitesse minimale doit être observée pour un score de 3, comme dans le cas de l'item 18. Cependant pour cet item 19, une réduction naturelle de la vitesse aux points d'inflexion est observée (principalement aux points d'inflexion horizontaux). Pour être en phase avec ce comportement attendu, le seuil de vitesse minimum a été fixé à 0,1 cm/sec (il correspond à 10 pixels/sec sur le modèle choisi de tablette).

3) Item 22

L'item 22 de l'échelle MFM propose que, à partir d'un touché initial sur le dessin central d'une figure, le patient touche ensuite tous les autres dessins qui sont disposés en carré autour de ce dessin central (Figure 7). La bonne position initiale est imposée pour initialiser la tâche. Dans le cas contraire la cotation sera de 0.

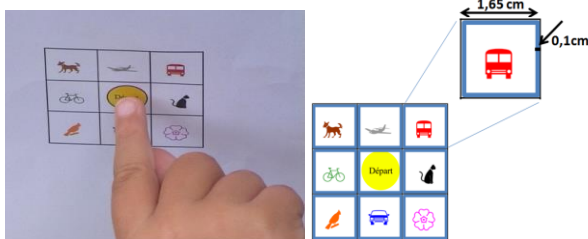


Figure 1. ITEM 22. A. MATERIEL CONVENTIONNEL. B. INTERFACE NUMERIQUE ASSOCIEE

Le score maximum dans l'item 22 est associé à la capacité du patient à toucher de manière enchaînée une série de dessins dans une figure. Dans ce cas, faire glisser le doigt d'un dessin à l'autre est considéré comme une compensation et doit être

déteçté. Pour pouvoir déteçter ce glissement, il est nécessaire de définir les limites géométriques de chacune des cases contenant les 9 dessins de cet item (Figure 7).

Pour un score de 3, le patient doit toucher initialement l'objet central, puis toucher chacun des 8 objets qui l'entourent, sans toucher les limites bleues visibles.

IV. RESULTATS ETAPE 1

L'hypothèse selon laquelle deux groupes d'échantillons dépendants ont des valeurs égales ne peut être rejetée pour aucun des items. Effectivement, le test de Wilcoxon donne comme résultats p-value = 0,157 > 0,05 pour l'item 18, p-value = 0,096 > 0,05 pour l'item 19 et p-value = 0,317 > 0,05 pour l'item 22.

Items	Même score Tablette / Conventionnel				Wilcoxon p-value
	Score 0	Score 1	Score 2	Score 3	
18	1	1	2	30	0,157
19	2	2	16	6	0,096
22	1	0	2	33	0,317

Tableau 2. RESULTATS DE TESTS DE CORRELATION ET DE WILCOXON. NIVEAU DE SIGNIFICATION 5%

Les relations entre les scores donnés suite aux passations sur matériel conventionnel et sur la tablette sont illustrées sur la Figure 9. Elles reprennent les nombres de scores identiques donnés par le thérapeute entre deux types de passation du Tableau 2. Plus le cercle représenté est épais, plus il y a de nombre de scores donnés de valeur correspondante (0, 1, 2 ou 3) identique.

Pour comprendre ces graphiques, prenons l'exemple de l'item 18 : le kinésithérapeute a toujours donné les mêmes scores de 0 aux patients ayant effectuée la passation sur matériel conventionnel et sur la tablette. Idem pour les scores de 1. Des patients évalués avec un score de 2 sur la tablette, ont été évalués parfois à 2, parfois à 3 lorsqu'ils ont effectué le test sur matériel conventionnel. Des patients évalués avec un score de 3 sur matériel conventionnel ont reçu un score de 2 ou de 3 lorsqu'ils ont effectué ce même item sur la tablette. Ces résultats graphiques montrent qu'il y a plus de désaccords concernant l'item 19.

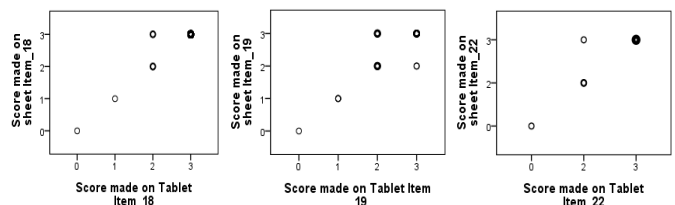


Figure 2. COMPARAISON DES VALEURS DES COTATIONS ENTRE LES PASSATIONS SUR MATERIEL CONVENTIONNEL ET SUR LA TABLETTE

L'accord de 97% entre les cotations pour l'item 22 valide une similitude importante entre les deux supports (papier et tablette). Ainsi, l'influence du support sur les résultats du test est très faible.

V. RESULTATS ETAPE 2

Le protocole MFM autorise jusqu'à 2 essais par item. 29 essais ont été réalisés pour l'item 18, 49 essais pour l'item 19, et

37 essais pour l'item 22. La plupart des évaluations non analysées ont été ignorées parce qu'elles étaient en dehors du protocole d'évaluation. L'hypothèse selon laquelle deux groupes d'échantillons dépendants ont des valeurs égales ne peut être rejetée pour aucun des items. Effectivement, le test de Wilcoxon donne comme résultats p-value = 0,096 > 0,05 pour l'item 18, p-value = 0,099 > 0,05 pour l'item 19 et p-value = 0,083 > 0,05 pour l'item 22 (Figure 10). Des corrélations de 69% pour l'item 18, 99,8% pour l'item 19 et 89% pour l'item 22 ont été obtenues. Ainsi, il est vérifié que les scores donnés par le logiciel TabMe2 sont très similaires des scores donnés par les kinésithérapeutes, notamment pour les items 19 et 22.

Items	Même score TabMe2 / kinésithérapeutes				Wilcoxon
	Score 0	Score 1	Score 2	Score 3	p-value
18	0	0	2	18	0,096
19	3	4	33	9	0,099
22	1	0	8	25	0,083

Tableau 3. COMPARAISON DES VALEURS DES COTATIONS ENTRE L'OUTIL TABME2 ET LES KINESITHERAPEUTES. NIVEAU DE SIGNIFICATION 5%

VI. DISCUSSION, CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Concernant l'étape1, un grand nombre des désaccords des cotations observés pour l'item 19 peuvent être liés au changement du crayon par un stylet dédié à la tablette. Par contre, le stylet choisi dans cette étude offre une précision suffisante et son poids est compensé par la vitesse d'écriture. Pour l'étape2, en utilisant des données spatiales et temporelles, TabMe2 peut attribuer un score selon les critères recommandés par le protocole MFM. Le plus grand défi a été d'interpréter les paramètres subjectifs utilisés par les kinésithérapeutes experts pour créer un algorithme d'analyse à mettre en œuvre sur la tablette (la contractions des muscles, la synchronisation des membres par exemple n'ont évidemment pas pu être configurés en utilisant la tablette). Finalement, l'utilisation de la tablette pourrait être intégrée au protocole de la MFM comme interface numérique pour l'évaluation des items 18, 19 et 22 pour remplacer les supports papiers.

VII. REFERENCES

[1] HOUWEN, S., et al. Motor skill performance of school-age children with visual impairments. *Developmental Medicine & Child Neurology*, v. 50, n. 2, p. 139-145, 2008

[2] REIMER, A. M., et al. Improvement of fine motor skills in children with visual impairment: an explorative study. *Research in developmental disabilities*, v.32, n.5, p. 1924-1933, 2011

[3] PATERNOSTRO-SLUGA, T, et al. Reliability and validity of the Medical Research Council (MRC) scale and a modified scale for testing muscle strength in patients with radial palsy. *Journal of rehabilitation medicine*, v.40, n.8, p. 665-671, 2008

[4] HOGREL, J. Y.; OLLIVIER, G.; DESNUELLE, C. Testing musculaire manuel et quantifié dans les maladies neuromusculaires. Comment assurer la qualité des mesures de force dans les protocoles cliniques? *Revue neurologique*, v. 162, n.4, p. 427-436, 2006

[5] FLORENCE, J. M., et al. Intrarater reliability of manual muscle test (Medical Research Council scale) grades in Duchenne's muscular dystrophy. *Physical therapy*, v.72, n.2, p. 115-122, 1992

[6] RAPIN, A., et al. Actualités de l'évaluation clinique dans les maladies neuromusculaires lentement progressives à l'âge adulte. *Journal de Réadaptation Médicale : Pratique et Formation en Médecine Physique et de Réadaptation*, v. 31, n.3-4, p. 115-118, 2011

[7] BÉRARD, C., et al. A motor function measure scale for neuromuscular diseases. Construction and validation study. *Neuromuscular disorders*, v. 15, n. 7, p. 463-470, 2005

[8] FANG, B. et al. 3D human gesture capturing and recognition by the IMMU-based data glove. *Neurocomputing*, v. 277, p. 198-207, 2018

[9] SHUKOR, et al. A new data glove approach for Malaysian sign language detection. *Procedia Computer Science*, v. 76, p. 60-67, 2015

[10] VAMSIKRISHNA, K. M.; DOGRA, D. P; DESARKAR, M. S. Computer-vision-assisted palm rehabilitation with supervised learning. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, v. 63, n.5, p. 991-1001, 2015

[11] ELLIOTT, M. T., et al. Feasibility of using the Leap Motion hand gesture sensor for tracking wrist fracture physiotherapy, 2017. <<https://pdfs.semanticscholar.org/ac81/655cd5fd703c750d6eea81c703ce5292edf5.pdf>>

[12] BUTT, A. H., et al. Objective and automatic classification of Parkinson disease with Leap Motion controller. *Biomedical engineering online*, v.17, n.1, p. 168, 2018

[13] COTON J, VEYTIZOU J, THOMANN G, Villeneuve F. Feasibility study of hand motion analysis by the Leap Motion Sensor Key words. *AMSE JOURNALS-AMSE IFRATH Publication –2016- Modelling C*. v.77, p.73–83, 2016

[14] IOSA, M. et al. Seven capital devices for the future of stroke rehabilitation. *Stroke research and treatment*, v. 2012, 2012

[15] MUSKENS, L., et al. Never too old to use a tablet: designing tablet applications for the cognitively and physically impaired elderly. In: *International Conference on Computers for Handicapped Persons*. Springer, Cham, p. 391-398, 2014

[16] CARABEO, C. G. G. et al. Stroke patient rehabilitation: A pilot study of an android-based game. *Simulation & Gaming*, v. 45, n. 2, p. 151-166, 2014

[17] LARSEN, L. H. et al. Changes in corticospinal drive to spinal motoneurons following tablet-based practice of manual dexterity. *Physiological reports*, v. 4, n. 2, 2016

[18] PARASKEVOPOULOS, I. T., et al. Design guidelines for developing customised serious games for Parkinson's Disease rehabilitation using bespoke game sensors. *Entertainment Computing*, 5(4), 413-424, 2014