



HAL
open science

Etude pilote pour l'utilisation de la Kinect V2 pour l'évaluation motrice des maladies neuromusculaires. Cas de la MFM.

Justine Coton, Julien Veytizou, Jonathan Martinat, Kevin Barra, Guillaume Thomann, François Villeneuve

► To cite this version:

Justine Coton, Julien Veytizou, Jonathan Martinat, Kevin Barra, Guillaume Thomann, et al.. Etude pilote pour l'utilisation de la Kinect V2 pour l'évaluation motrice des maladies neuromusculaires. Cas de la MFM.. Colloque "Jeunes Chercheuses Jeunes Chercheurs", Jun 2015, Paris, France. pp.23. hal-01176187

HAL Id: hal-01176187

<https://hal.science/hal-01176187v1>

Submitted on 15 Jul 2015

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.

Etude pilote pour l'utilisation de la Kinect V2 pour l'évaluation motrice des maladies neuromusculaires. Cas de la MFM.

Justine Coton¹, Julien Veytizou¹, Jonathan Martinat¹, Kevin Barra¹,
Guillaume Thomann¹, François Villeneuve¹

¹ Univ. Grenoble Alpes, Lab. G-SCOP, F-38000 Grenoble, France
Justine.coton@grenoble-inp.fr, Julien.veytizou@grenoble-inp.fr

Résumé

Cet article propose d'évaluer la possibilité d'utiliser un capteur de mouvement grand public pour aider les kinésithérapeutes dans l'évaluation des capacités motrices. L'outil proposé utilise le capteur Kinect pour enregistrer les mouvements du patient et les analyses à l'aide de logique floue suivant les critères du protocole médical MFM. Dans cette étude pilote, il a été testé sur 3 patients.

1 Introduction

L'autonomie peut représenter la capacité d'un individu à participer à des situations de vies quotidiennes. Une déficience des facultés motrices des membres supérieurs et/ou inférieurs peut affecter cette autonomie avec de significantes répercussions sur la vie des personnes. A ce stade, le chemin du médical est souvent nécessaire pour retrouver cette autonomie. Les thérapeutes vont identifier les particularités de la déficience afin de proposer un programme thérapeutique adapté au besoin du patient. Les troubles moteurs touchent plus de 8 millions de français[1]. Les soins destinés à identifier et évaluer ces déficiences représentent une lourde charge d'argent et de temps pour l'état et le secteur de la santé. Les thérapeutes deviennent de plus en plus demandeurs d'outils permettant d'aider et de faciliter l'évaluation de l'ampleur des troubles de leurs patients.

Il est possible d'évaluer les capacités motrices par l'observation à l'aide d'échelle de cotation. Elles consistent en une série de mouvements et/ou d'activités à faire réaliser au patient. Cette série de tâches est, en général, accompagnée d'une liste de consignes : position de départ autorisée, mouvements interdits, accessoires autorisés etc. et d'une échelle de cotation permettant de scorer la performance du patient au cours de l'exercice. Ces échelles sont multiples. Celles pour l'évaluation motrice peuvent être destinées à évaluer la capacité de manière globale ou pour des maladies et/ou tranches d'âges spécifiques [2]. L'étude présentée dans ce papier s'intéresse à l'évaluation des maladies neuromusculaires. Plus particulièrement, elle se concentre sur l'échelle reconnue de la MFM (Mesure de Fonctions Motrices) [3]. Il s'agit d'une échelle composée de 32 exercices (20 pour les enfants) cotés de 0 à 3. Ces exercices permettent de qualifier les fonctions motrices élémentaires du patient et sont répartis en 3 catégories permettant de qualifier les motricités distales, proximales et la capacité de transfert de position du patient.

Cette méthode est couramment utilisée de par sa simplicité (peu de matériel ou technique à instaurer), son côté économe (peu d'accessoire), et surtout sa rapidité (facile à mettre en place, ~1h et résultats calculable en ~1h). Même avec tous les avantages offerts par cette méthode, il reste quelques inconvénients. Il existe un manque de précision dans la capitalisation de données sur le long terme car

il s'agit d'une observation à l'œil nu. Il est donc difficile d'évaluer et de conserver des valeurs précises sur le déroulement de l'exercice. De plus, l'évaluation étant faite par un humain, elle génère un manque de reproductibilité dans la mesure. Finalement la partie de traitement des résultats, bien que capitale et protocolaire, peut s'avérer fastidieuse pour le thérapeute.

A ce stade il est important de développer de nouveaux outils conservant les avantages d'une évaluation avec échelle : peu cher, peu encombrant, rapide à installer et à utiliser. Mais en y ajoutant une meilleure reproductibilité dans la mesure et en facilitant le traitement et la conservation de données précises. Cet article propose d'explorer les outils disponibles et d'appliquer un premier concept d'évaluation motrice automatique.

2 Etat de l'art

Les analyses de mouvements actuelles, que ce soit pour l'évaluation ou la rééducation, sont généralement réalisées à l'œil nu par les médecins et les kinésithérapeutes. Il existe de nombreux capteurs ou systèmes (robotiques ou optiques)[4] permettant ces analyses mais ces derniers sont souvent chers, complexes, difficile et long à mettre en place ou encombrants. L'arrivée de capteurs de mouvement low-cost, léger et simple comme la Kinect a dynamisé le développement de l'e-médecine[5]. De nombreuses études visent à automatiser l'analyse des mouvements en réhabilitation (rééducation). Peu d'études traitent de l'analyse automatique des fonctions motrices (évaluation) qui peut être radicalement différente de l'analyse en réhabilitation. En effet la réhabilitation repose sur une posture ou un mouvement de référence à accomplir, là où la fonction motrice peut être réalisée par un ensemble de mouvements pouvant être très variés certains permettant une même cotation et d'autre non.

Les caméras et autres systèmes de captures de mouvements se sont démocratisés depuis quelques années. Par exemple, les webcams se sont généralisées depuis longtemps. Sony avait d'abord développé l'Eyetoy en 2003 puis le PlayStation Move en 2010. Nintendo a grandement participé à l'acceptation de ce type de technologie suite à la réussite commerciale de la Wii avec sa Wiimote en 2006. La Kinect [6], produit de Microsoft, commercialisée depuis 2008, est un capteur de profondeur basé sur une technologie infra-rouge. Microsoft y associe une technique de traitement d'image [7] permettant de reconnaître une silhouette et de la traduire en un ensemble de points localisé dans un espace 3D. L'objectif final est d'obtenir un squelette numérique. Ceci fait de la Kinect le capteur de mouvement grand public possédant la meilleure précision et la meilleure compréhension du déplacement cinématique humain, privilégié pour des applications médicales [5].

De plus, depuis 2014, une nouvelle version de la Kinect est disponible, la Kinect V2. La Kinect V1 verra sa production arrêtée en 2015. Cette nouvelle version possède de meilleures caractéristiques : la caméra couleur (RGB) devient une caméra HD (640* 480 pixel à 30Hz => 1080 pixel à 30 Hz) et la caméra infra-rouge voit sa résolution augmentée (320*240 pixel => 512*424 pixel). L'angle de vue a également augmenté (43,5°=>60° verticalement et 57,5°=>70° horizontalement). Que ce soit pour la Kinect V1 ou V2, il existe un effet de distorsion spatial [8] faisant que le système sera plus précis pour des humains détectés au centre du champ de vision de la caméra, n'étant ni trop près ni trop loin (~2,5m). La précision du système n'a pas forcément changé de manière notable. La dispersion du système génèrait sur la Kinect V1 une erreur aléatoire de 1cm lorsque la détection se faisait à 2,5 m de la Kinect [9]. Mais cette erreur aléatoire s'avère augmentée de manière plus lisse en profondeur pour la Kinect V2 [10]. L'erreur générée sur le placement des points du squelette numérique s'avère difficile à quantifier. Des tentatives de corrélations avec des systèmes de mesures médicales ont été effectuées, notamment avec le capteur de mouvement avec marqueurs VICON. L'erreur générée entre un point du squelette Kinect et la référence VICON est d'environ 10 cm [11] pour la Kinect V1, erreur qui n'a pas diminué de manière significative avec la Kinect V2 [12].

Une fois la détection de l'humain réalisée, il est nécessaire d'interpréter ces mouvements à l'aide d'algorithmes de reconnaissance. Diverses techniques ont été utilisées pour analyser les mouvements [13]. Cette reconnaissance peut être statique ou dynamique. Les techniques les plus appropriées seront également différentes suivant la précision ou la partie du corps à évaluer : le corps, la main, le visage [13]. Finalement il est également possible de catégoriser ces techniques par leurs procédés. Dans le cadre de l'analyse de mouvement à partir d'un squelette numérique [14], nous pouvons trouver les procédés utilisant la correspondance de modèles (matching) tels que le Dynamic Time Warping (DTW) [15] et les approches connexionnistes comme les Hidden Markov Model (HMM) [13] ou les procédés purement algorithmiques tels que la Logique Floue (FL)[16]. Les approches utilisant des modèles demandent un grand nombre d'échantillons, surtout pour les approches connexionnistes pour entraîner le modèle. De plus, c'est un processus assez long dans son traitement. Les approches algorithmiques permettent d'obtenir des résultats en très peu de temps avec un nombre limité de données. De plus, les techniques comme la FL permettent de modéliser l'expertise d'un praticien et l'imprécision nécessaire dans l'évaluation des déficiences motrices [17][18].

L'outil pour l'évaluation motrice ayant besoin d'être simple, compact et peu coûteux, la Kinect V2 semble le plus approprié des capteurs. La rapidité nécessaire pour le traitement des résultats indique que la FL pourrait fournir un bon algorithme pour l'analyse des résultats. La présente étude consiste à vérifier s'il est possible d'utiliser ces deux éléments pour enregistrer et coter un patient automatiquement suivant le protocole de mesure MFM.

3 Méthode

La création d'un logiciel de mesure approprié a été nécessaire pour mener l'étude pilote de cet outil d'évaluation. Le module d'analyse de ce logiciel a été fixé par un protocole expérimental, décomposé en 3 étapes. Puis le logiciel a été évalué à l'aide de 3 patients.

3.1 L'outil KiMe² (Kinect Medical Measurement)

Un logiciel de mesure, développé sous VS2010, a été mis en place.

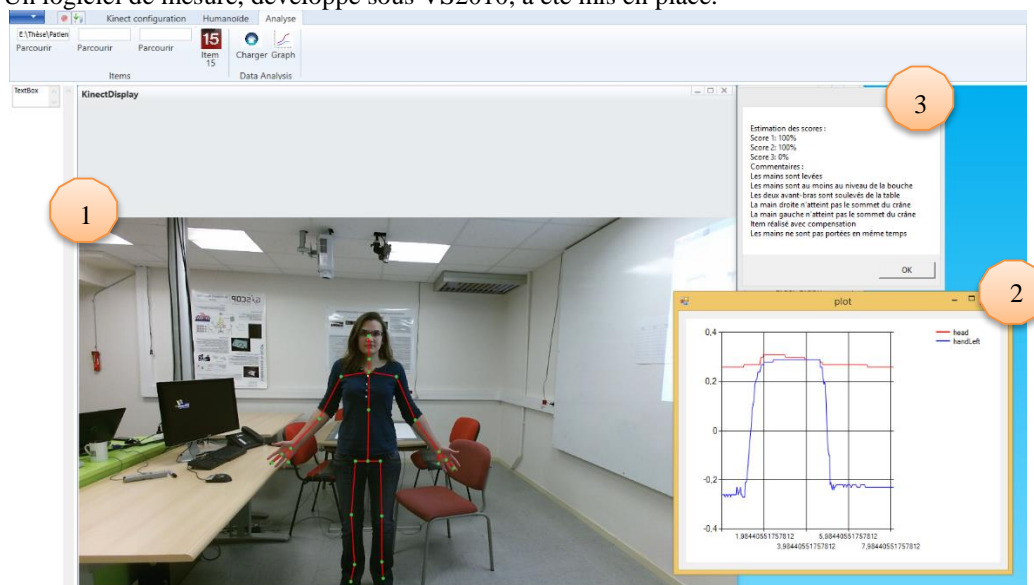


Figure 1: Interface logiciel

Il est composé d'une interface principale pour manipuler les divers modules et observer les informations perçues (cf. Figure 1), ainsi que d'un module de capture de mouvement et d'un autre module d'analyse. Le module de mesure permet d'afficher en temps réel les informations issues de la Kinect V2 (cf. 1 Figure 1) et d'enregistrer les informations du squelette numérique. Le module d'analyse permet, à postériori, d'évaluer (cf. 2 Figure 1) et de coter (cf. 3 Figure 1) les informations enregistrées.

3.2 Procédure expérimentale

Pour s'assurer que la procédure et la cotation mises en place soient pertinentes, chacune des étapes se doit d'être réalisée en coopération avec un expert médical ici un praticien référent de la MFM. La première étape consiste à identifier les items de la MFM susceptibles d'être détectés par la Kinect. La sélection est basée principalement sur la faisabilité du système KiMe² à mesurer la position de départ et la tâche à exécuter de ces items. Nous présenterons les résultats obtenus à partir de l'item 15. Le but de cet item pour le patient est de mettre les mains en même temps sur la tête sans bouger ni le tronc, ni la tête. Puis nous avons déterminé avec le praticien les stratégies d'algorithmes à implémenter au système KiMe² et plus particulièrement au module d'analyse pour coter les activités motrices des sujets sur l'item 15 de la MFM. Enfin, des expérimentations ont été réalisées avec trois sujets et en présence du praticien pour déterminer les éventuelles corrélations entre un «score praticien» et un «score KiMe²».

3.3 Analyse des données

Pour l'item 15 et pour chaque sujet, le praticien expliquait les tâches à réaliser. D'après la MFM, toutes les informations orales, démonstrations ou mouvements décrits par le praticien sont autorisés pour expliquer au mieux la tâche demandée. Après cette explication, le sujet exécute la tâche de l'item 15. Pendant cette activité, le praticien observait l'ensemble des mouvements et marquait le score de l'item. En même temps, le système KiMe² enregistrait, dans une base de données, les données brutes du squelette numérique de la Kinect V2 relatives aux mouvements du sujet. Pour des raisons d'organisation et de temps, le score KiMe² a été généré à posteriori au laboratoire à partir des mesures sauvegardées dans la base de données. Une fonction spécifique de calcul a été programmée pour chaque stratégie de cotation en suivant un principe de logique floue (cf. Figure 2). Les données d'entrées (positions et/ou orientations des points du squelette, notées E_i sur la Figure 2) sont floutées à chaque instant « t » à l'aide de fonctions trapézoïdales d'appartenance aux composantes MFM (notées F_i sur la Figure 2). La Figure 3 montre un exemple de fonction d'appartenance F_i . A la sortie du « fuzzificateur », les pourcentages d'appartenance aux composantes, notés $F_i(E_i)$ sur la Figure 2, servent de données d'entrées au moteur d'inférence qui parcourt toutes les règles (R_i sur la Figure 2) nécessaires pour les cotations. Pour chaque cotation, les sorties sont définies comme étant le maximum du pourcentage de validation durant l'exercice (« défuzzification »).

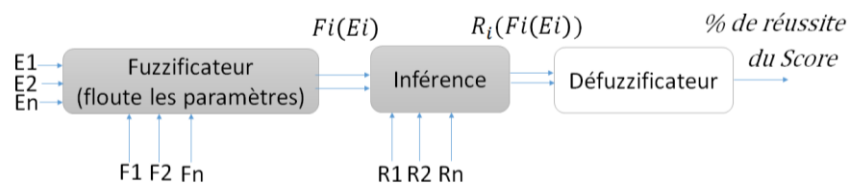


Figure 2: Structure de la Logique floue (E = entrée, F = fonction d'appartenance, R = règle d'inférence)

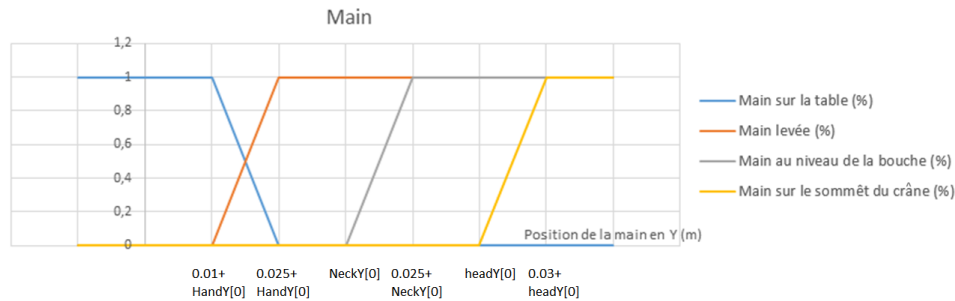


Figure 3: Exemple de fonction d'appartenance

L'utilisation de fonction d'appartenance permet également de renvoyer automatiquement des qualificatifs linguistiques sur l'évaluation de la performance. Ainsi en plus du pourcentage de réussite de chaque score, le logiciel renvoie un petit paragraphe décrivant les critères clés ayant permis cette évaluation.

3.4 Résultats

Pour les 3 patients, les «scores KiMe²» et «score praticien» ont été corrélés. Pour le patient n°1, une cotation de 2 a été notée par le praticien car le patient n'avait réussi à monter les mains qu'au niveau de la bouche. Le score KiMe² fut de 2 avec un pourcentage de validation de 100%. Le logiciel indique également dans ces commentaires que le critère discriminant était la position des mains qui ont atteint la bouche mais pas le sommet de la tête.

Pour les patient n°2 et 3, une cotation de 3 pour chacun a été notée par le praticien car le patient n°2 avait parfaitement réussi l'exercice. Le patient n°3 avait également validé tous les critères de manière moins aisée. Le score KiMe² fut également de 3 pour les 2 patients avec, respectivement, un pourcentage de validation de 90% et 70%. Le logiciel indique une validation inférieure à 100% car le calcul des composantes ($F_i(E_i)$ sur la Figure 2) indique que la tâche accomplie appartient à la composante « compensation » avec pour chaque patient respectivement, 10% et 30% d'appartenance. Ces valeurs montrent que les points des squelettes enregistrés suggèrent un désaxement maximum du tronc ou de la tête de respectivement 1 et 3 cm, ce qui n'est pas critique pour la validation du score 3.

4 Discussions et conclusion

L'étude a pour but d'évaluer le potentiel de la Kinect V2 et de la logique floue à faciliter l'évaluation motrice avec la MFM. Les premiers résultats obtenus semblent confirmer la pertinence de l'outil KiMe² dans ce contexte. Les mouvements ont tous été détectés et les algorithmes de cotations ont le potentiel d'interpréter correctement les activités du patient. Toutefois, cette étude préliminaire présente plusieurs limites. L'échantillon utilisé tout comme les situations de mesure ne sont pas représentatifs. Il existe une grande diversité de mouvements et de physiologies possibles au sein d'une même pathologie neuromusculaire pour réaliser un item. Il faut donc s'assurer que tous les mouvements sont interprétables de la même manière. De plus, l'identification des items indique que chacun d'entre eux ne sont pas forcément transposables tel quel. Certaines positions comme être couché sur le sol (Item 1 par exemple) ou accroupi sur le sol (Item 9 par exemple) ne sont pas ou difficilement identifiables. D'autres items demandent une précision de mesure difficilement atteignable avec la Kinect V2.

Les travaux futurs viseront à fiabiliser et valider l’outil KiMe² dans l’évaluation du protocole MFM sur un plus grand nombre de patient et avec d’autres items.

Références

- [1] F. Saint-Pierre, “Test d’évaluation et de catégorisation des déficiences, incapacités et désavantages sociaux,” *Haute Autorité de Santé*, pp. 1–35, 2007.
- [2] J. Pélissier, F. Pellas, C. Benaïm, and C. Fattal, “Principales échelles d’évaluation chez l’adulte en MPR (deuxième édition),” *Cofemer (Collège français des enseignants universitaires de médecine physique et de réadaptation)*, 2009. [Online]. Available: http://www.cofemer.fr/article.php?id_article=715. [Accessed: 10-Apr-2015].
- [3] C. Bérard, C. Vuillerot, F. Girardot, D. Hamroun, and C. Payan, “La Mesure de Fonction Motrice , une échelle validée pour les MNM,” *Les Cah. Myol.*, vol. 2, pp. 26–34, 2010.
- [4] H. Zhou and H. Hu, “A Survey - Human Movement Tracking and Stroke Rehabilitation,” *Biomed. Signal Process. Control*, vol. 3, no. 1, pp. 1–18, 2008.
- [5] H. M. Hondori and M. Khademi, “A Review on Technical and Clinical Impact of Microsoft Kinect on Physical Therapy and Rehabilitation,” *Journal of Medical Engineering*, vol. 2014. Hindawi Publishing Corporation, 2014.
- [6] Microsoft, “Kinect for Windows features,” 2014. [Online]. Available: <http://www.microsoft.com/en-us/kinectforwindows/meetkinect/features.com>. [Accessed: 22-Dec-2014].
- [7] J. Shotton, A. Fitzgibbon, M. Cook, T. Sharp, M. Finocchio, R. Moore, A. Kipman, and A. Blake, “Real-time human pose recognition in parts from single depth images,” in *Machine Learning for Computer Vision*, IEEE, Ed. Berlin Heidelberg: Springer, 2013, pp. 119–135.
- [8] T. Dutta, “Evaluation of the Kinect sensor for 3-D kinematic measurement in the workplace,” *Appl. Ergon.*, vol. 43, no. 4, pp. 645–649, 2012.
- [9] K. Khoshelham and S. O. Elberink, “Accuracy and resolution of kinect depth data for indoor mapping applications,” *Sensors*, vol. 12, no. 2, pp. 1437–1454, 2012.
- [10] T. Breuer, C. Bodensteiner, and M. Arens, “Low-cost Commodity Depth Sensor Comparison and Accuracy Analysis,” in *Spie*, 2014, vol. 9250, pp. 1–10.
- [11] B. Bonnechère, B. Jansen, P. Salvia, H. Bouzahouene, L. Omelina, F. Moiseev, V. Sholukha, J. Cornelis, M. Rooze, and S. Van Sint Jan, “Validity and reliability of the Kinect within functional assessment activities: Comparison with standard stereophotogrammetry,” *Gait Posture*, vol. 39, pp. 593–598, 2014.
- [12] X. Xu and R. W. McGorry, “The validity of the first and second generation Microsoft Kinect™ for identifying joint center locations during static postures,” *Appl. Ergon.*, vol. 49, pp. 47–54, 2015.
- [13] S. Mitra and T. Acharya, “Gesture Recognition : A Survey,” *IEEE Trans. Syst. Man, Cybern. - Part C Appl. Rev.*, vol. 37, no. 3, pp. 311–324, 2007.

- [14] R. Lun and W. Zhao, "A survey of applications and human motion recognition with Microsoft Kinect," *Int. J. Pattern Recognit. Artif. Intell.*, 2015.
- [15] C.-J. Su, C.-Y. Chiang, and J.-Y. Huang, "Kinect-enabled home-based rehabilitation system using Dynamic Time Warping and fuzzy logic," *Appl. Soft Comput.*, vol. 22, pp. 652–666, 2014.
- [16] L. Zadeh, "Fuzzy algorithms," *Inf. Control*, vol. 12, no. 2, pp. 94–102, 1968.
- [17] F. Chevie and F. Guély, "La logique floue," in *Les Cahiers Techniques Schneider*, Collection., vol. 191, Groupe Schneider, Ed. 1998.
- [18] L. Zadeh, "The role of fuzzy logic in the management of uncertainty in expert systems," *Fuzzy sets Syst.*, vol. 11, no. 1, pp. 197–198, 1983.