



**HAL**  
open science

## Utilisation du geste avec l'ordinateur chez les seniors : intérêts et perspectives

Frédéric Bousefsaf, S. Atarodi, Alain Pruski

► **To cite this version:**

Frédéric Bousefsaf, S. Atarodi, Alain Pruski. Utilisation du geste avec l'ordinateur chez les seniors : intérêts et perspectives. Handicap 2012, 2012, Paris, France. hal-03790916

**HAL Id: hal-03790916**

**<https://hal.science/hal-03790916>**

Submitted on 28 Sep 2022

**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.

# Utilisation du geste avec l'ordinateur chez les séniors : intérêts et perspectives

Bousefsaf Frédéric, Atarodi Siavash, Pruski Alain

[frederic.bousefsaf@univ-metz.fr](mailto:frederic.bousefsaf@univ-metz.fr), [siavash.atarodi@univ-metz.fr](mailto:siavash.atarodi@univ-metz.fr), [alain.pruski@univ-metz.fr](mailto:alain.pruski@univ-metz.fr)

Lasc, Université de Lorraine, Metz

**Résumé**—Les personnes âgées utilisent de plus en plus les nouvelles technologies de nos jours, l'ordinateur en particulier. A l'aide de périphériques comme la Wiimote de Nintendo, ou encore la Kinect de Microsoft, interagir avec l'ordinateur devient maintenant possible via les gestes, et plus particulièrement ceux de la main. Nous proposons une étude qui permet d'examiner l'intérêt du geste de la main comme moyen d'interaction avec l'ordinateur pour les séniors. Pour ce faire, nous avons développé en laboratoire une application composée d'une interface et d'un jeu sérieux. L'ensemble est contrôlé par les mouvements et le geste de la main. Les opinions et points de vue ont ensuite été recueillis auprès des personnes âgées et analysés à travers un questionnaire.

**Mots-clés :** *Interaction homme-machine, gestes de la main, séniors, stimulation cognitive.*

## I. INTRODUCTION

LES humains utilisent naturellement les gestes pour s'exprimer et communiquer. Ces derniers peuvent être réalisés par une partie du corps (bras et main...) et nous les utilisons instinctivement pour compléter la communication verbale. Prenons pour exemple les enfants qui communiquent intuitivement et naturellement avec les gestes avant même de savoir parler. De nos jours, nous utilisons les gestes humains pour commander une machine ou un système sans aucun matériel mécanique en utilisant des périphériques comme les caméras numériques. Il existe plusieurs types de gestes réalisables par différentes parties du corps (bouche, tête). La majorité des travaux de la littérature axent leur recherche sur les gestes de la main, qui sont classés suivant différentes catégories [7] et classes [8].

La commande d'interface par les gestes est sujette à de nombreux travaux depuis les années 1980 et des études [2] résument les applications et conclusions de ces recherches. On retrouve ce type de commande dans des applications à la domotique [9] ou encore pour interpréter des comportements dans le cadre de la santé et de la surveillance vidéo [11]. Dans le cas des thérapies par la réalité virtuelle, des recherches utilisant ce mode de

communication ont déjà été menées, notamment lors de thérapies pour la réhabilitation des combattants de guerre [16]. Les auteurs expliquent que la réhabilitation est plus rapide et plus complète en utilisant la réalité virtuelle et les jeux vidéo interactifs spécifiquement. En stimulation physique, ces systèmes ont été utilisés à fin de réhabilitation post-traumatique [18] à l'aide de périphérique comme *l'EyeToy* de Sony, ou encore la *Kinect* de Microsoft.

L'utilisation d'une tablette tactile ou d'une Wiimote nous permet, par exemple, d'analyser des gestes de dessins [6] tandis que des gants de données ou des périphériques de vision (caméras) permettent d'analyser des gestes de la main plus précis en tenant compte de l'orientation de la main ou encore de la position des doigts.

L'extraction (segmentation) et le suivi de la main peuvent se faire selon des critères de couleur (de la peau) [1], de mouvement [3] ou encore via l'algorithme proposé par Viola & Jones [15] adapté à la main [5].

La reconnaissance des gestes (classification) est réalisable via des réseaux de neurones [12], les HMM (souvent utilisées pour reconnaître les gestes de la langue des signes) [4] ou encore les SVM [11].

Nous pouvons actuellement envisager une utilisation de ce type de modalité à domicile en particulier grâce à certains systèmes accessibles au grand public (webcam, Kinect). Cette modalité apparaît, à première vue, plus naturelle et intuitive que les périphériques traditionnels (souris, clavier) pour les séniors qui n'ont jamais utilisé d'ordinateur. A notre connaissance, aucune étude n'a été réalisée pour évaluer l'intérêt de ce type de modalité sur les personnes âgées.

Cet article est divisé en trois parties. Nous aborderons dans un premier temps l'aspect « technique » de l'application que nous avons développée, avec des détails sur les algorithmes et les méthodes utilisées, ainsi que des illustrations sur le résultat final. La seconde partie est quant à elle centrée sur les expérimentations et les résultats de l'étude. Nous clôturerons ce papier par une discussion et une conclusion sur ce travail.

## II. DÉVELOPPEMENT DE L'APPLICATION

### A. Présentation

Nous avons développé une application ludique dans l'optique de permettre aux personnes âgées de « jouer » sans se lasser. Notre objectif premier est que l'utilisateur maintienne son envie en prenant du plaisir et en s'impliquant dans le jeu. Nous cherchons donc à concevoir un jeu intéressant, simple et qui utilise une forme de contrôle relativement novatrice (le mouvement et le geste de la main) afin d'augmenter l'immersion et l'implication de l'utilisateur.

Le jeu vise principalement les capacités d'attention, de recherche et de concentration de l'utilisateur. Ce dernier doit ici déplacer des objets (des fruits et légumes) d'une couleur particulière dans des corbeilles à l'aide de sa main. Le but est de faire correspondre les couleurs, comme, par exemple, déplacer une banane dans la corbeille de couleur jaune.

L'utilisateur doit passer de la main ouverte à la main fermée (succession de gestes simples) pour prendre un objet virtuel et garder la main fermée pour le déplacer. L'action « lâcher » est complémentaire à l'action prendre (passage de la main fermée à la main ouverte).

Nous augmenterons la difficulté en incrémentant le nombre d'objets par essai et en introduisant des effets perturbateurs. L'utilisateur peut ainsi sélectionner des niveaux avec des corbeilles ou la couleur est indiquée via un effet Stroop [20]. Les fruits et légumes passent en niveau de gris pour les difficultés les plus élevées. Nous noterons aussi que les objets et corbeilles sont générés aléatoirement à chaque nouvel essai.

Notons aussi que l'interface est entièrement contrôlée par le geste. L'utilisateur a la possibilité de « cliquer » sur des boutons et menus afin de régler la sensibilité des mouvements et la difficulté du jeu.

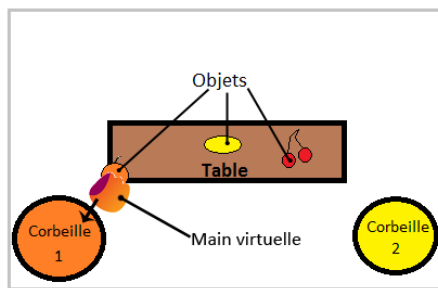


Figure 1. Croquis de l'application

Dans cet exemple, la personne est en train de déplacer l'orange dans la corbeille 1. La main est représentée par un curseur virtuel qui s'anime différemment en fonction du geste réalisé. Ici l'utilisateur déplace l'orange le poing fermé.

Nous utilisons une seule et unique caméra numérique dans notre travail et nous avons façonné la détection pour qu'elle soit peu sensible aux variations d'environnement (fond et éclairage) et peu sensible aux variations « d'utilisateur » (couleur de peau, forme de la main). Les postures (gestes statiques, comme laisser la main ouverte) et les gestes dynamiques (action de prendre un objet : passage de la main ouverte à la main fermée) sont différenciés dans notre application. Cette dernière n'utilisera ni marqueurs (pastilles de couleur...) et peut fonctionner en présence de fonds complexes.

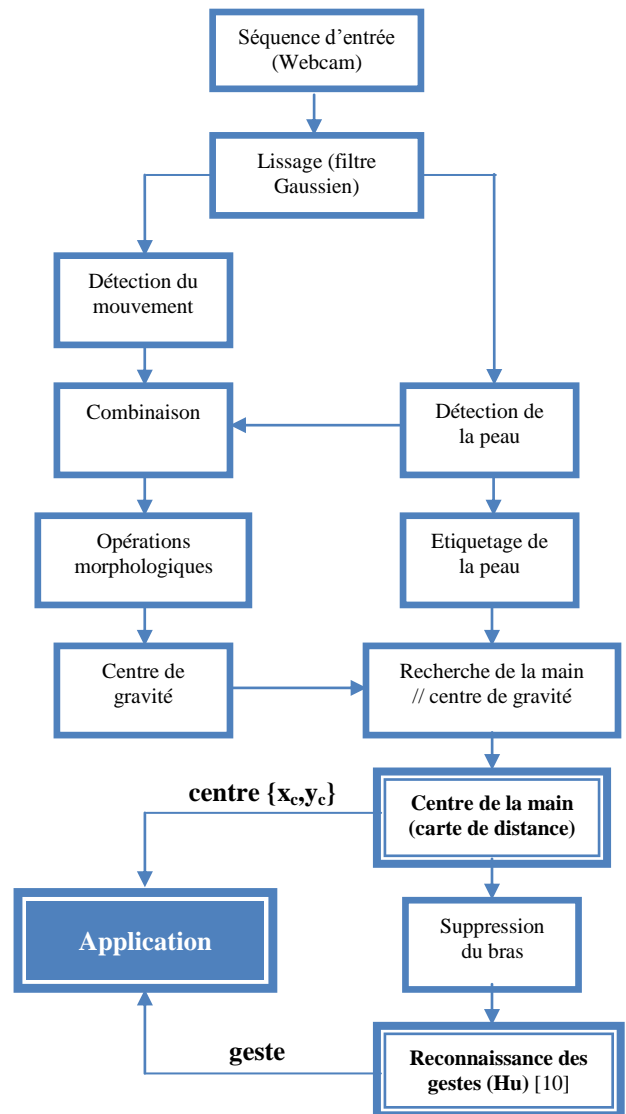


Figure 2. Analyse fonctionnelle

## B. Détection et suivi de la main

Cette étape nous permet de détecter et de suivre la main de l'utilisateur en utilisant l'image source arrivant de la caméra. Pour ce faire, nous utilisons une détection de peau combinée (via un ET logique [4]) à une détection de mouvement (nous supposons ici que la main est l'objet de couleur de peau qui bouge le plus). Cet algorithme nous permet de respecter le temps réel et il n'est pas nécessaire d'utiliser un filtre (*e.g. Kalman*) pour prédire la prochaine position de la main.

### 1) Détection de la peau

La détection des pixels de couleur « peau » est réalisée en filtrant (grâce à un seuillage dans une plage particulière) l'image source. Des études [13] comparant les différents espaces colorimétriques utilisables existent, un espace particulier ne fait cependant pas encore l'unanimité dans la littérature. Nous utiliserons l'espace YCrCb, qui obtient des scores de bonne détection plutôt satisfaisant dans la plupart de ces études. Ce dernier sépare la luminance Y des composantes chromatiques Cr et Cb. Pour notre application, nous utilisons des seuils adaptés :

$$P(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{si } \begin{cases} 140 \leq Cr(x, y) \leq 180 \\ 80 \leq Cb(x, y) \leq 130 \end{cases} \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

L'image binaire résultante  $P(x, y)$  contient uniquement des 1 lorsque la peau est présente, et des 0 a contrario. Le traitement se réalise sur tous les pixels  $(x, y)$  des composantes Cb et Cr. Des modèles adaptatifs [14] peuvent être réalisés pour améliorer la robustesse de la détection. Néanmoins, les caméras récentes intègrent maintenant la technologie *TrueColor* [17] et *ClearFrame*, qui régulent automatiquement les couleurs et l'exposition, et délivrent des images fines et détaillées même dans des endroits très peu éclairés.

### 2) Détection du mouvement

Elle se base sur une méthode très récurrente dans la littérature : la différence d'images successives [3]. Dans notre application, nous utilisons cette méthode sur la composante Cr de l'image (et non pas en niveau de gris) afin de minimiser les parasites et en même temps maximiser les effets de mouvements du bras et de la main :

$$M(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{si } |Cr_t(x, y) - Cr_{t-1}(x, y)| \geq \text{seuil} \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

Avec  $Cr_t(x, y)$  la composante Cr des pixels  $(x, y)$  de l'image source à l'instant  $t$  et  $Cr_{t-1}(x, y)$  celle à l'instant  $t-1$ . Le seuil (qui peut être aussi adapté en fonction de la

luminosité) est choisi empiriquement dans notre cas.  $M(x, y)$  correspond à l'image différenciée et seuillée.

### 3) Combinaison des deux méthodes

Une opération de combinaison est ensuite appliquée entre ces deux méthodes à l'aide d'un opérateur ET logique. Le but est d'isoler les éléments appartenant à la couleur de la peau et en mouvement. L'opération est appliquée bit à bit sur l'ensemble de l'image :

$$C(x, y) = P(x, y) \wedge M(x, y)$$

$P(x, y)$  est l'image issue de la détection de peau et  $M(x, y)$  celle du mouvement. L'image résultante  $C(x, y)$  est ensuite traitée à l'aide d'opérations morphologiques en vue de reconstituer la main. On récupère en dernière étape le centre de gravité de la forme segmentée.

### 4) Etiquetage

Lorsque l'utilisateur déplace sa main avec moins d'amplitude, le résultat de la combinaison n'est pas satisfaisant et la main est déformée voire non reconnaissable (cf. Figure 3). La méthode d'étiquetage va nous permettre de garder l'utilité de la détection de mouvement tout en reprenant l'exactitude sur les formes de la détection de peau. On utilise pour ce faire le centre de gravité de la combinaison uniquement pour localiser l'endroit où la main est située dans l'image.

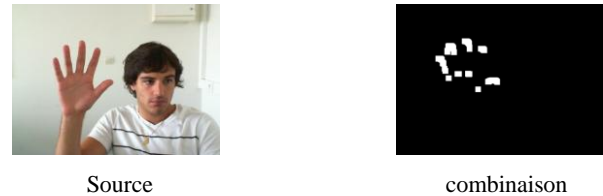


Figure 3. Divergence lors d'un mouvement de faible amplitude

L'opération d'étiquetage des zones est réalisée sur la détection de la peau. On associe un indice à chaque forme séparable. On isole la forme dans laquelle le centre de gravité de la combinaison est situé. Cette méthode nous permet de savoir quelle élément est en mouvement et appartient à la couleur de la peau, tout en nous délivrant une forme nette et précise, nécessaire pour la reconnaissance de gestes par la suite :

$$I_r = \{i \text{ si } G_{combi} \in formes(i)\}$$

$$i = 1 \dots N_{formes}$$

Avec  $I_r$  l'indice de la forme retrouvée,  $forme(i)$  la forme testée d'indice  $i$ ,  $N_{formes}$  le nombre maximum de formes étiquetées et  $G_{combi}$  le centre de gravité calculé à l'étape de combinaison.

### 5) Centre de la main et suppression du bras

Pour retrouver le centre morphologique de la main nous utilisons une carte de distance sur le résultat de l'étiquetage. Le maximum d'intensité dans cette image correspondra au centre de la main qui ne dépend pas du bras. C'est ce point que nous gardons pour réaliser le suivi de la main (cf. Figure 4 à gauche). On utilise une formule empirique pour séparer le bras de la main (cf. Figure 4 à droite) en prenant pour référence la distance  $H$  entre le centre morphologique et le haut de la main.



Figure 4. Segmentation bras/main

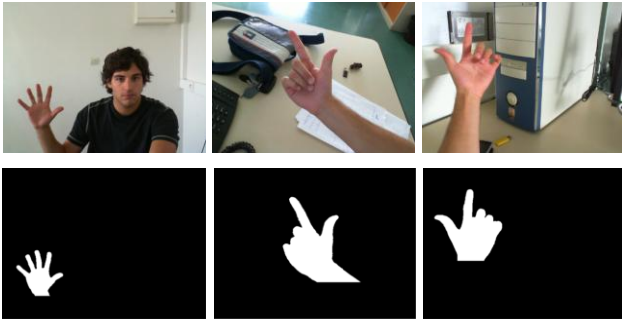


Figure 5. Quelques exemples de séquences avec leur résultat

## C. Reconnaissance des gestes

### 1) Vocabulaire gestuel

Nous utilisons un ensemble de trois gestes statiques (postures) et trois gestes dynamiques pour contrôler notre application, à la fois au niveau de l'interface et du jeu. Voici ci-dessous les catégories et fonctions retenus :

TABLE I. CATEGORIES ET FONCTIONS DES GESTES

Gestes	Catégories	Fonctions
	Statique	Geste de repos (ne rien faire)
	Statique	Action de garder un objet pris
	Statique	Geste de pointage (interface)
	Dynamique	Action de prendre un objet
	Dynamique	Action de lâcher un objet
	Dynamique	Action de cliquer (interface)

### 2) Extraction des caractéristiques

Nous utilisons les moments de Hu [10] que nous classifions afin de reconnaître le geste à l'instant  $t$ . Les 7 moments sont invariants, à la fois en échelle, en orientation et en position. Afin de vérifier cette théorie et la possibilité d'utiliser ces moments dans notre travail, nous les avons calculés et comparés en utilisant une série d'images transformées par rapport à une de référence :

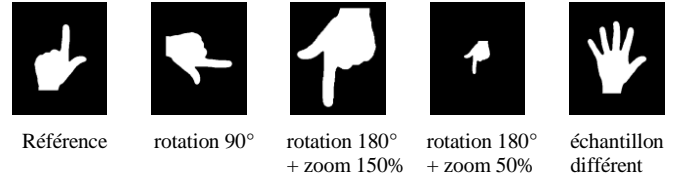


Figure 6. Essai sur les moments de Hu

L'image la plus à gauche est l'image de référence, les 3 suivantes des transformations numériques de cette dernière (les moments de Hu de ces images ne doivent donc pas changer), et enfin la dernière un échantillon complètement différent (les moments doivent ici beaucoup varier). La fonction d'erreur est calculée via la relation :

$$\varepsilon_j^i = |h_j^{ref} - h_j^i|$$

$$i = 1 \dots 4 \text{ (les 4 images transformées)}$$

$$j = 1 \dots 7 \text{ (les 7 moments de Hu)}$$

Avec :

$\varepsilon_j^i$  l'erreur absolue entre le moment de Hu  $j$  de l'image  $i$  et celle de référence,

$h_j^{ref}$  le moment de Hu  $j$  de l'image de référence,

$h_j^i$  le moment de Hu  $j$  de l'image  $i$ .

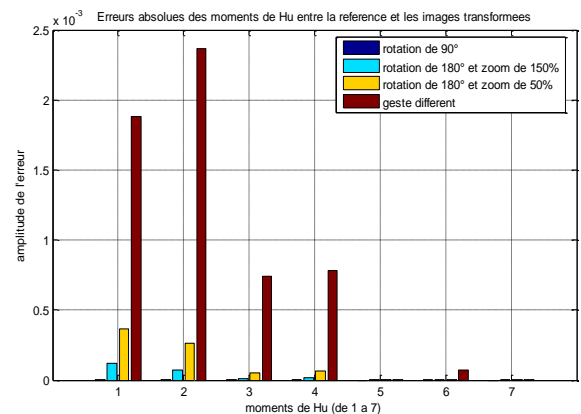


Figure 7. Erreurs absolues entre l'image de référence et les 4 images de test

Pour conclure, nous constatons qu'une simple rotation et un zoom ne génèrent pratiquement pas d'erreur. On



ressent bien dans ce cas l'invariance des moments en orientation et rotation. Le dernier cas (en rouge) affiche une erreur beaucoup plus importante pour un geste légèrement similaire mais malgré tout différent.

### 3) Classification des gestes

Nous n'utilisons pas d'algorithmes classiques de classification (HMM, réseaux de neurones, SVM...) mais un critère de tri qui nous permettra de comparer deux formes A et B afin d'obtenir leur **similitude** :

$$I(A, B) = \sum_{i=1 \dots 7} \left| \frac{1}{m_i^A} - \frac{1}{m_i^B} \right|$$

Avec :

$$m_i^A = \text{sign}(h_i^A) \cdot \log(h_i^A)$$

$$m_i^B = \text{sign}(h_i^B) \cdot \log(h_i^B)$$

Avec  $h_i^A$  et  $h_i^B$  qui représentent les moments de Hu des formes A et B respectivement. Dans notre cas A est un échantillon de notre base de données et B la forme segmentée. Le résultat produit un scalaire. On compare la main segmentée à chaque échantillon et c'est le résultat **qui minimisera cette comparaison** qui nous donnera l'échantillon **le plus proche** de la main.

Les gestes dynamiques sont détectés temporellement (**si** le geste à  $t-1$  correspondait à la main ouverte **et** que le geste à  $t$  correspond à la main fermée, alors le nouveau geste correspondra à l'action de prendre un objet).

### D. Résultats et évaluation formative

Nous avons réalisé en premier lieu une évaluation formative de l'application qui nous a permis de relever les contraintes et problèmes ergonomiques, de réalisation et de prise en main.



Figure 8. Navigation dans la page de démarrage (à gauche) et déplacement d'un objet dans une corbeille (à droite) durant le jeu

Nous avons retravaillé la fluidité de la commande suite à cet entretien car certaines personnes la trouvaient trop saccadée. L'utilisateur peut dorénavant choisir une sensibilité parmi deux niveaux.

## III. EXPERIENCES

Nous utilisons pour les expérimentations un ordinateur Sony VAIO VGN-BX297XP couplé avec une webcam LifeCam Cinema de Microsoft.

Nos essais se portent sur un groupe composé de 12 séniors et constitué de 3 hommes et 9 femmes. L'âge moyen est de 73,8 ans (écart type : 6,1). Ces personnes sont pour la majorité membres d'un club de retraités. 5 d'entre elles étaient titulaires d'un certificat d'étude, 2 d'un diplôme de brevet, 3 d'un CAP et 2 avaient un niveau d'étude égal ou supérieur au baccalauréat.

Les séniors réalisent en premier lieu une courte session d'entraînement avec un logiciel. L'objectif est de toucher virtuellement des ballons de couleur avec leur main. Cet entraînement est nécessaire pour que la personne s'adapte à la sensibilité de l'application et se familiarise avec le curseur virtuel. Nous leur demandons ensuite d'utiliser leur main pour contrôler l'interface de l'application en appuyant virtuellement sur des boutons et des menus. Les séniors peuvent ensuite démarrer une session de test où ils devront prendre et déplacer virtuellement les fruits et légumes dans les corbeilles de couleur. Enfin, nous leur laissons la liberté de relancer ou de mettre fin à l'application.

Une fois les essais terminés, nous demandons aux séniors de répondre à un questionnaire basé sur une échelle de Likert allant de 1 à 5, réalisé en collaboration avec un psychologue du laboratoire. 1 signifiant « pas du tout » et 5 signifiant « tout à fait ». Ces questions nous servent à obtenir leur ressenti sur le contrôle de l'application et son intuitivité, ainsi que sur l'application et ses intérêts. Une session complète (essai et questions posées oralement) dure environ 25 minutes.

## IV. RESULTATS ET DISCUSSION

Les réponses aux questionnaires démontrent une réception positive de notre jeu et des perspectives de développement de jeux sérieux sous cette forme. En effet, sur les douze personnes âgées ayant testé notre logiciel, dix ont déclaré que la façon de contrôler le jeu par les gestes à distance de la main leur paraissait naturelle et quatre participants ont répondu qu'ils pourraient jouer régulièrement de cette façon ce qui, compte-tenu de l'âge des personnes interrogées, est un score notablement positif.

Seulement quatre participants ont déclaré que l'utilisation du jeu était fastidieuse. L'apprentissage long et difficile de la façon de contrôler le jeu, la fatigue entraînée par le positionnement inconfortable de la main ainsi que la sensibilité trop forte de l'application à de petits mouvements non significatifs de la main sont des

raisons pour lesquelles ils trouvaient le jeu fastidieux à utiliser. Ces observations nous permettent d'identifier avec exactitude les améliorations à fournir à l'avenir.

Huit participants sur douze ont déclaré qu'il est utile et intéressant de développer des jeux contrôlés par le geste de la main, en fournissant principalement trois types de raisons. Cette façon de jouer favorise selon eux le maintien ou l'amélioration des capacités des personnes en bonne santé par l'exercice de la coordination physique, de l'habileté, de la concentration et de l'adresse, ainsi qu'en vue d'évitement de la sédentarité; ensuite, selon les participants, c'est une façon plus simple de jouer, ce qui peut attirer un nouveau type de public vers les jeux sérieux; enfin, selon un participant, cette manière de jouer peut être utilisée dans le cadre de programmes de rééducation physique.

Une dissociation est faite par les utilisateurs entre l'intérêt du contenu intellectuel du jeu et l'intérêt à la façon formelle d'y jouer. Dix participants ont répondu que ce type de jeu d'entraînement intellectuel était utile. Nous remarquons ici non seulement l'intérêt plus important porté à l'utilité intellectuelle du jeu plutôt qu'à l'utilité formelle du geste de la main approuvée par huit participants.

Enfin, sur les sept participants ayant déjà utilisé un ordinateur seuls deux ont déclaré que l'ordinateur est plus maniable avec le geste de la main tel qu'ils venaient de l'expérimenter (comparé aux classiques claviers et souris). Les cinq autres participants ont tous déclaré que l'habitude de ces périphériques plus « traditionnels » rendait ces outils plus confortables. Ceci est cohérent avec les connaissances actuelles sur les réticences aux changements, l'attachement aux habitudes étant significativement plus fort chez les personnes âgées que pour le reste de la population [19].

## V. CONCLUSION

Nous avons examiné l'intérêt du geste de la main comme moyen d'interaction avec l'ordinateur chez les seniors. L'application informatique développée fonctionne à l'aide d'une simple webcam et d'un ordinateur. Une segmentation innovante permet de suivre les mouvements et reconnaître les gestes de l'utilisateur.

La majorité des personnes âgées interrogées ont globalement apprécié cette modalité d'interaction et trouvent le contrôle intuitif. Des perspectives de jeux sérieux sous cette forme sont dorénavant envisageables. Un challenge futur sera de créer un modèle qui minimisera la fatigue sur ce type de public et ensuite développer des méthodes de travail physique et cognitif pour les personnes âgées à domicile.

## REFERENCES

- [1] C. Bencheriet, A.E.H. Boualleg, H. Tebbikh, Segmentation de la Couleur de Peau par Seuillage Selon Différents Espaces de Couleur, *JIG 2007, 3<sup>èmes</sup> Journées Internationales sur l'Informatique Graphique*, pp. 207-211 (2007)
- [2] M. Bhuiyan & Rich Picking, Gesture-controlled user interfaces, what have we done and what's next?, *Proceedings of the Fifth Collaborative Research Symposium on Security, E-Learning, Internet and Networking, Darmstadt, Germany*, 26-27 November 2009, pp. 56-60 (2009)
- [3] Y. Benezeth, P.M. Jodoin, B. Emile, H. Laurent, C. Rosenberger, Review and Evaluation of Commonly-Implemented Background Subtraction Algorithms, *International Conference on Pattern Recognition* (2008)
- [4] Feng-Sheng Chen, Chih-Ming Fu, Chung-Lin Huang, Hand gesture recognition using a real-time tracking method and hidden Markov models, *Image and Vision Computing*, Vol. 21, pp. 745-758 (2003)
- [5] Q. Chen, N.D. Georganas, E.M. Petriu, Real-time Vision-based Hand Gesture Recognition Using Haar-like Features, *Instrumentation and Measurement Technology Conference Proceedings* (2007)
- [6] Simon Conseil, Suivi tridimensionnel de la main et reconnaissance de gestes pour les interfaces Homme Machine, *thèse de doctorat, Université Aix-Marseille* (2008)
- [7] Alistair D.N. Edwards, Progress In Sign Language Recognition, Wachsmuth and M. Frölich, *Gesture and Sign Language in Human-Computer Interaction*, pp. 13-21 (1997)
- [8] P.A. Harling & A.D.N. Edwards, Hand Tension as a Gesture Segmentation Cue, *Proceedings of the Progress in Gestural Interaction* (1997)
- [9] Takayuki Hattori, Yorinobu Mine, Michael Cohen, Jun Yamadera, Gesture Interpretation for Domestic Appliance Control, *18<sup>th</sup> International Conference on Artificial Reality and Telexistence* (2008)
- [10] M.K. Hu, Visual pattern recognition by moment invariants, *IRE Trans. on Information Theory, IT-8*, pp. 179-187 (1962)
- [11] M.B. Kaaniche, Human gesture recognition, *thèse de doctorat, université de Nice – Sophia Antipolis* (2009)
- [12] Tin Hninn Hninn Maung, Real-Time Hand Tracking and Gesture Recognition System Using Neural Networks, *World Academy of Science, Engineering and Technology*, pp. 466-470 (2009)
- [13] S.L. Phung, A. Bouzerdoum, D. Chai, Skin segmentation using color pixel classification: analysis and comparison, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, pp. 148-154 (2005)
- [14] M. Soriano, B. Martinkauppi, S. Huovinen, M. Laaksonen, Adaptive skin color modeling using the skin locus for selecting training pixels, *Pattern Recognition 36*, pp. 681-690 (2003)
- [15] P. Viola, M. Jones, Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features, *Computer Vision and Pattern Recognition*, Vol. 1, pp. 511-518 (2001)
- [16] B.K. & M.D. Wiederhold, Evaluation of virtual reality therapy in augmenting the physical and cognitive rehabilitation of war veterans, *Intl Conf. Disability, Virtual Reality & Assoc.*, pp. 91-96 (2006)
- [17] Microsoft True Color Technology [Online]. Disponible : <http://www.cravingtech.com/microsoft-new-true-color-technology.html>
- [18] Coding4Fun Kinect Projects, Channel 9 [Online]. Disponible : <http://channel9.msdn.com/coding4fun/kinect/The-Kinect-helps-in-Post-Traumatic-Rehabilitation>
- [19] P. Paillat, Les pratiques culturelles des personnes âgées, *Paris, La Documentation française* (1993)
- [20] J.R. Stroop, Interference in serial verbal reactions, *Journal of Experimental Psychology 18*, pp. 643-661 (1935)

