



DANS LE CADRE DU PROJET ANR-SIMACTION



APPORTS DE LA REALITE VIRTUELLE POUR LA REEDUCATION MOTRICE

Soutenance de Thèse

Etudiant: Van-Hanh NGUYEN

Encadrant: Frédéric MERIENNE, Jean-Luc MARTINEZ

Réalisée à Institut Image, Arts et Métiers ParisTech

17 Décembre 2010

ARTS et METIERS ParisTech \ CNRS \ Le2i \ Institut Image \ 2 rue Thomas Dumorey 71100 Chalon sur Saône FRANCE



1. Introduction

2. Outil

3. Avatar virtuel

4. Fouille MoCap

5. Conclusion



PLAN

① Introduction

② Outil d'évaluation du geste

③ Interaction Homme – Avatar Virtuel

④ Fouille de données de MoCap

⑤ Conclusion & perspectives

PLAN

1 Introduction

2 Outil d'évaluation du geste

3 Interaction Homme – Avatar Virtuel

4 Fouille de données de MoCap

5 Conclusion & perspectives

● Rééducation motrice

● Neurones miroirs

● Réalité virtuelle pour la rééducation motrice

● Technologie

● Avantages

● Projet SimAction & problématiques

Rééducation motrice

- Entretenir & améliorer les capacités motrices des personnes âgées



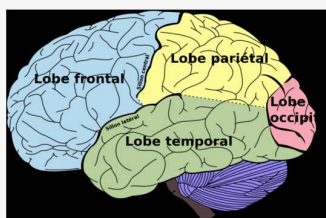
Mouvements quotidiens

Actions associées à des objets



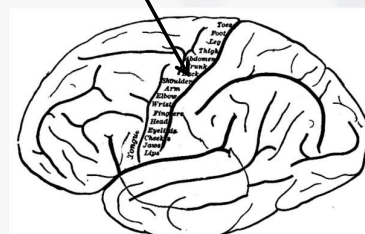
Rééducation Motrice: neurones miroirs

- Les **neurones miroirs**: activés lorsqu'un individu **observe** ou **exécute** une même action



Lobes externes du
cerveau humain

Neurones Miroirs: Cortex moteur



Principe utilisé pour la rééducation motrice

[Buccino et al., 2004; Rizzolatti and Craighero, 2004; Binkofski et Buccino, 2004, 2006], [Nelles et al., 1999, 2001; Johansen-Berg et al., 2002]

RV pour la rééducation motrice: Technologie

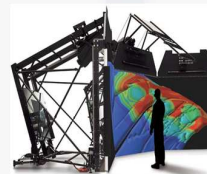
● Equipement d'affichage



Table virtuelle

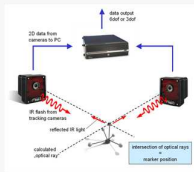


Ecran 3D



CAVE

● Système de capture du mouvement



Caméras infra-rouges



Vidéo caméra



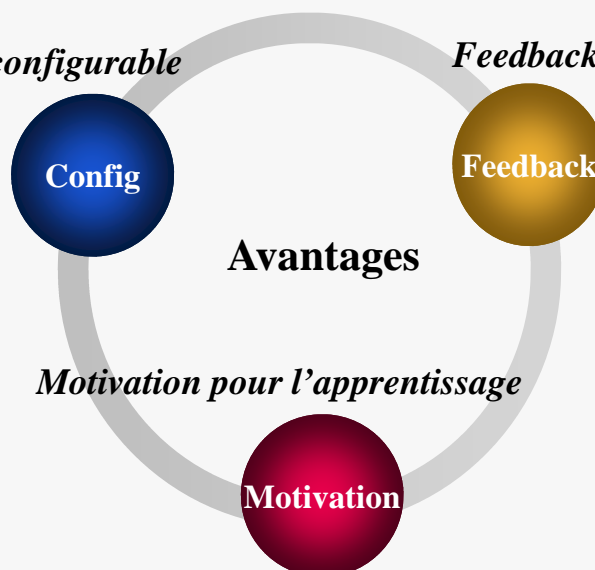
MotionPod (Movea Leti)

RV pour la rééducation motrice: Avantages

● Un outil très puissant pour la rééducation motrice

Apprentissage configurable

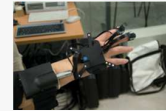
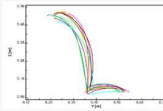
Feedback de performance



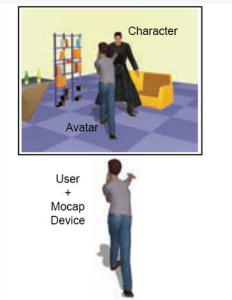
Motivation pour l'apprentissage

RV pour la rééducation motrice: Avantages

- Capture de la trajectoire du mouvement pour améliorer l'apprentissage (Jaffe et al. 2004, Flash et al. 1985)



- **Avatar virtuel:** point de vue de la 2^{ème} & la 3^{ème} personne



Apprentissage par observation et imitation



Améliorer l'interaction en temps réel

● Rééducation motrice

- Neurones miroir
- Empathie posturale

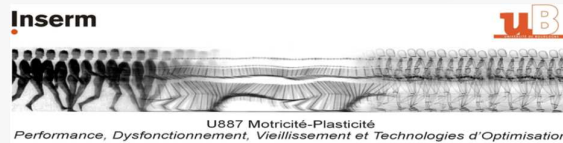
● Réalité virtuelle pour la rééducation motrice

- Technologie
- Avantages

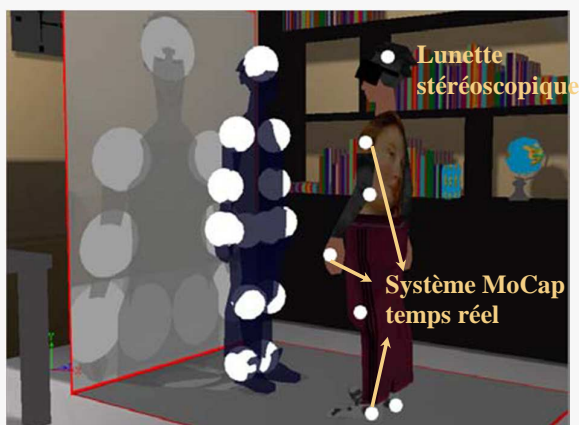
● **Projet SimAction & problématiques**

Projet SimAction

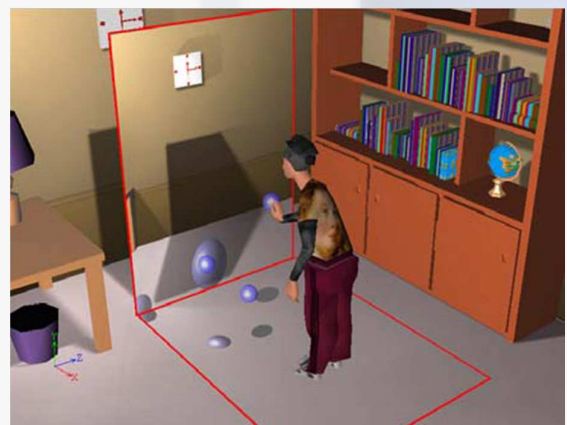
- Projet pluri-disciplinaire: Thérapie physique, Réalité Virtuelle, Sport, Clinique
- Labellisé par ANR-2006
- Partenaires: U887-INSERM, Le2i, LEAD, VirtuoFacto, EliteImage



Projet SimAction: Environnement en 3D stéréoscopique

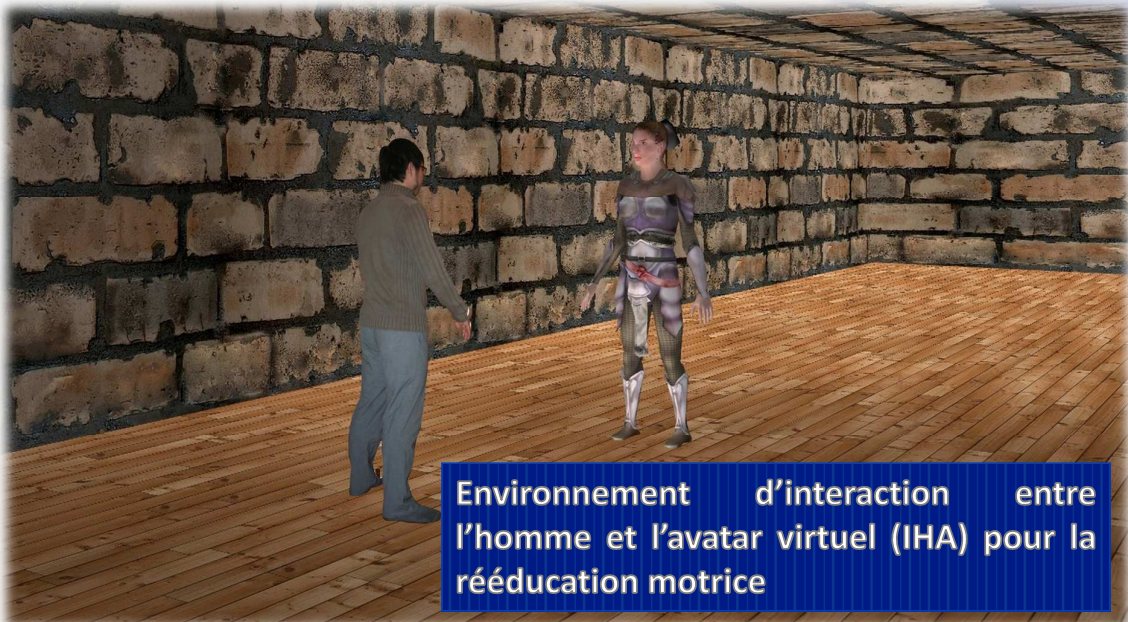


Système d'immersion permettant la visualisation stéréoscopique de l'avatar virtuel en 3D comme dans un miroir



Exemple de jeu physique (attraper des balles virtuelles avec la main).

Projet SimAction: problématiques scientifiques et technologiques



13

Apports de la réalité virtuelle pour la rééducation fonctionnelle

Projet SimAction: problématiques scientifiques et technologiques



14

Apport de la réalité virtuelle pour la rééducation fonctionnelle

Projet SimAction: problématiques scientifiques et technologiques



Projet SimAction: problématiques scientifiques et technologiques



Projet SimAction: problématiques scientifiques et technologiques



PLAN

1 Introduction

2 Outil d'évaluation du geste

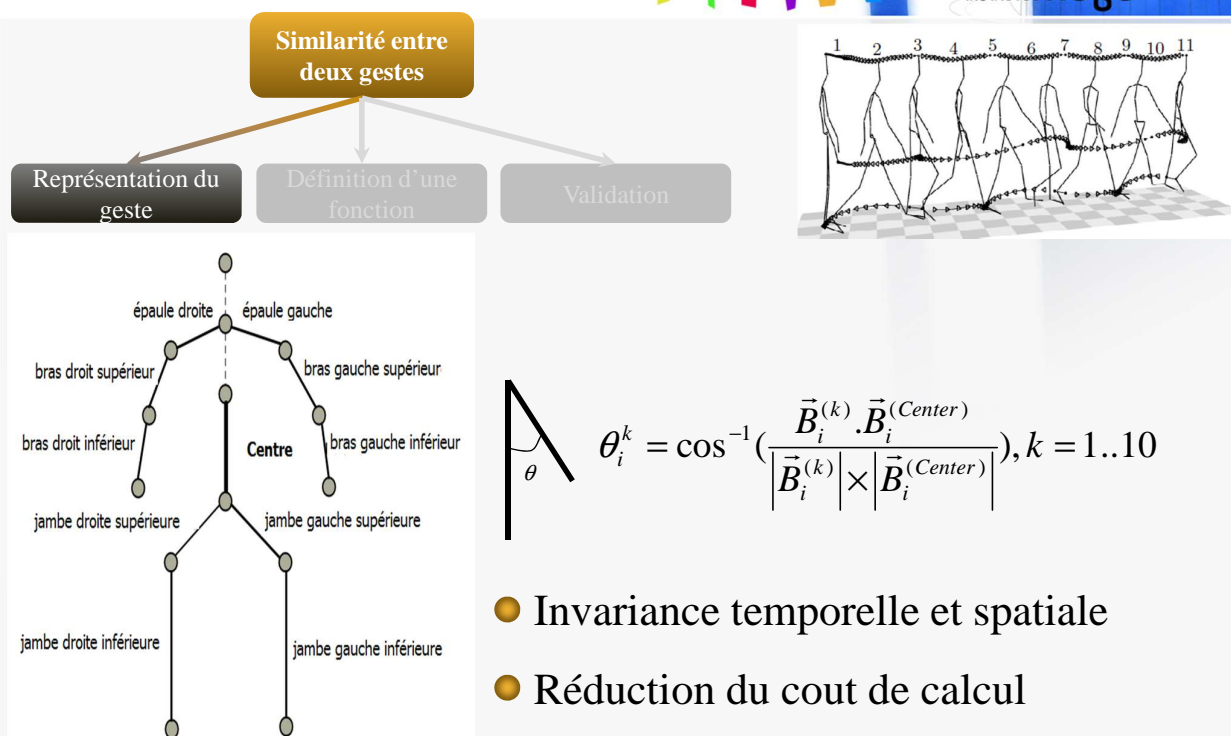
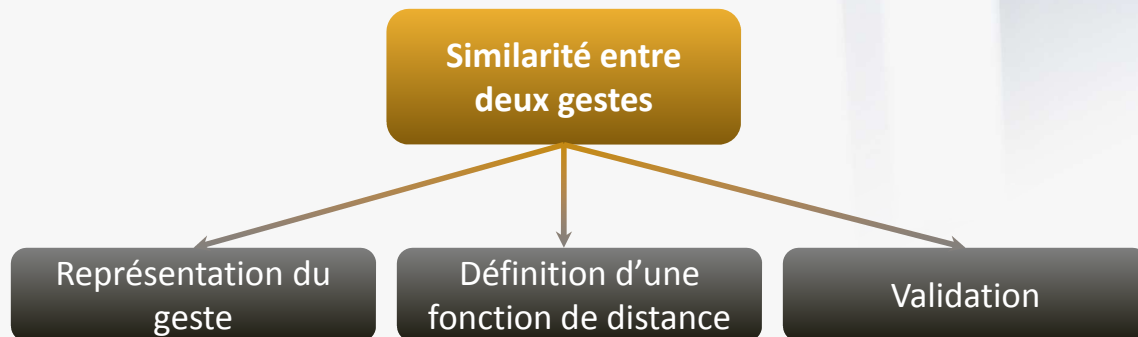
3 Interaction Homme – Avatar Virtuel

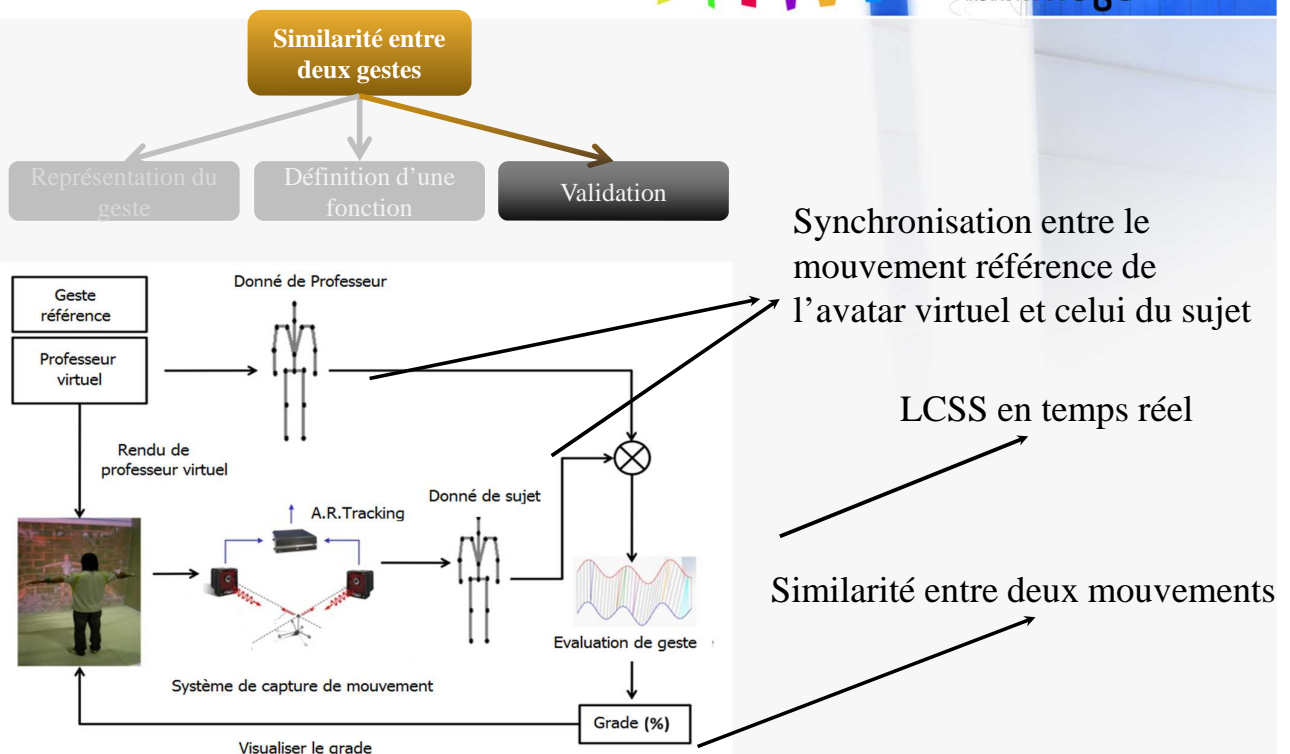
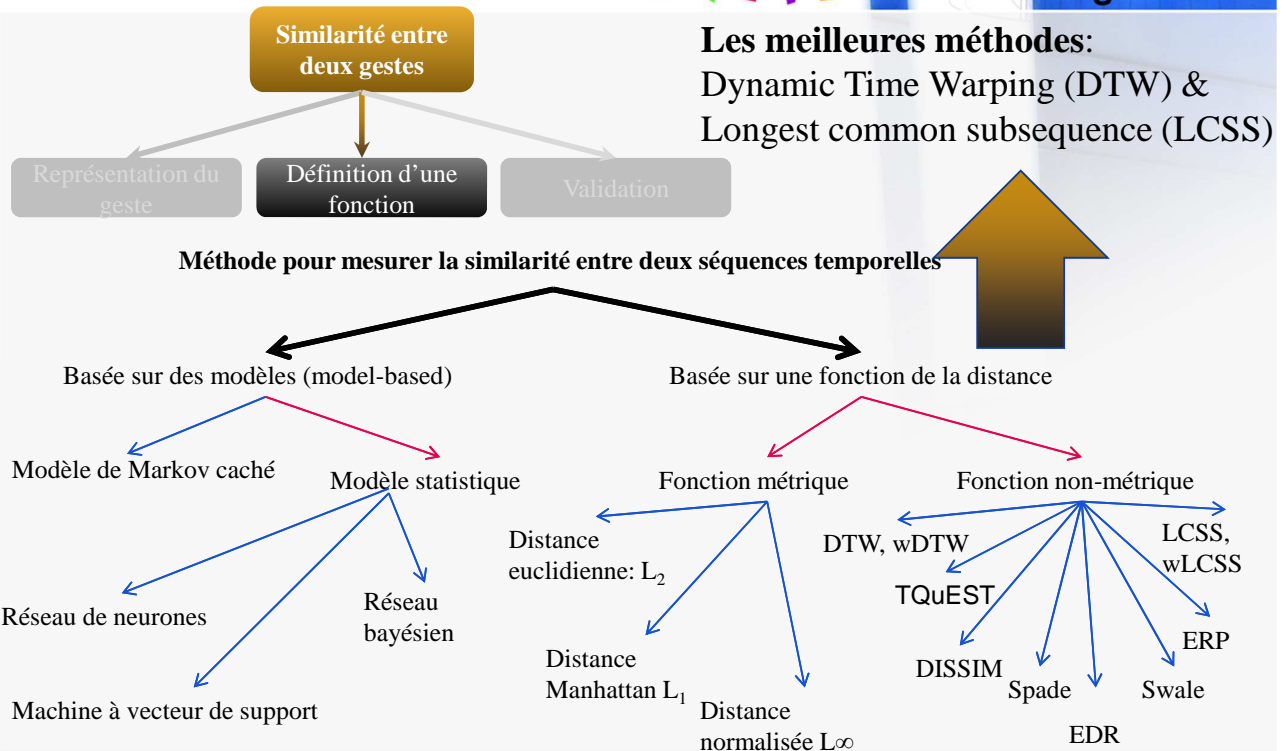
4 Fouille de données de MoCap

5 Conclusion & perspective



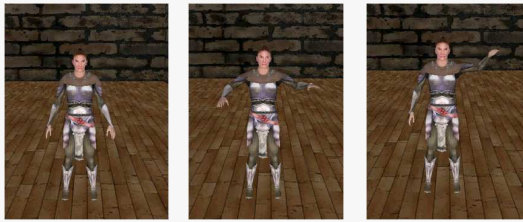
Un évaluateur de geste





Expérience & résultat: Préparation de données

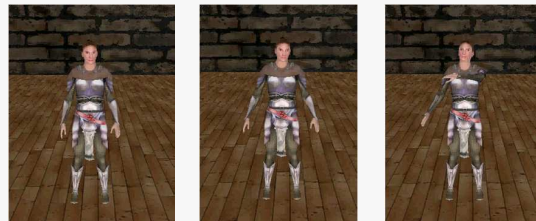
Posture



Mouvement simple



Mouvement complexe



Expérience & résultat: Vidéos



Suivre un geste simple

Expérience & résultat: Vidéos



Suivre un geste complexe

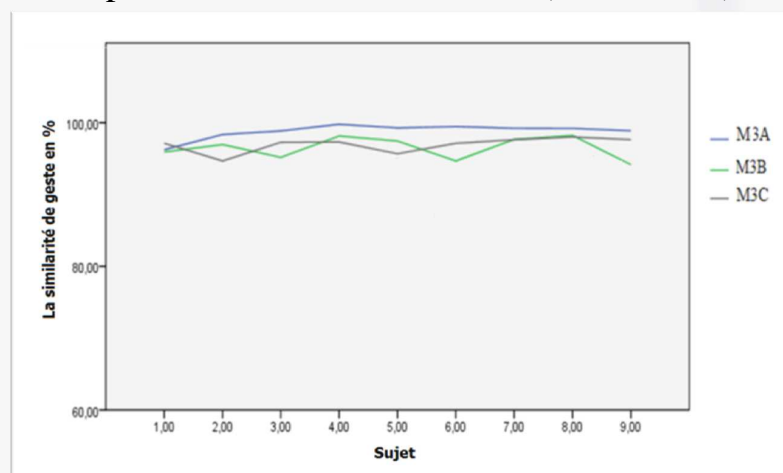
Expérience & résultat

- 9 sujets âgés de 22-43 ans

- **Résultat:**

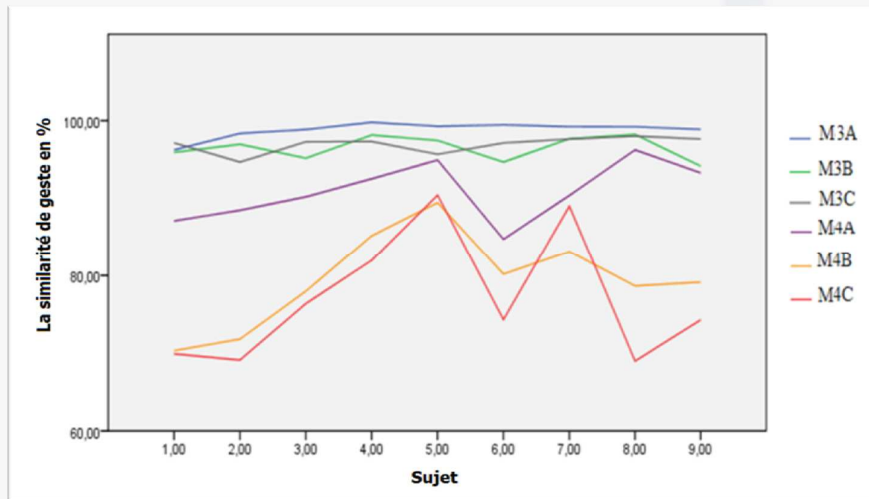
Posture: *similarité* $\approx 100\%$

Mouvement simple à suivre: *Haute similarité (94% - 99%)*



Expérience & résultat

- Différence entre mouvement simple et mouvement complexe



- ANOVA: Les valeurs significatives entre deux groupes $p < 0,05$

Evaluation du geste: conclusion

- Méthode simple et robuste pour mesurer la performance du sujet à reproduire un geste
- Expérience pour valider l'outil
- Approche pour évaluer le niveau d'apprentissage du geste humain

PLAN

1 Introduction

2 Outil d'évaluation du geste

3 **Interaction Homme – Avatar Virtuel**

4 Fouille de données de MoCap

5 Conclusion & perspective



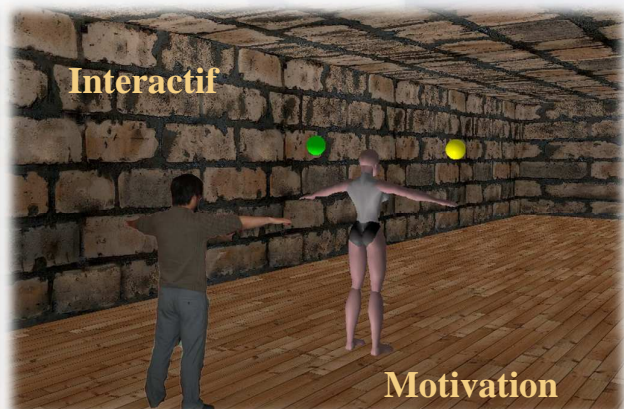
Interaction Homme – Avatar virtuel

Rôle de l'avatar virtuel: 2 activités principales pour la rééducation motrice

Amélioration de l'interaction



Apprendre le geste: point de vue de la 2^{ème} & 3^{ème} personne



Contrôler l'avatar à jouer du jeu: point de vue de la 3^{ème} personne

Interaction Homme – Avatar virtuel

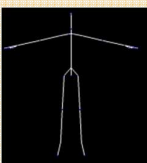
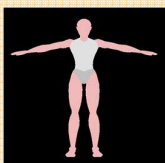
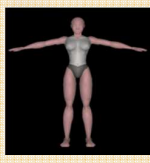
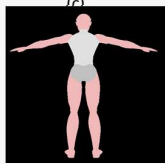

Evaluation de l'influence de l'avatar virtuel



Evaluation de l'utilisabilité de l'avatar virtuel

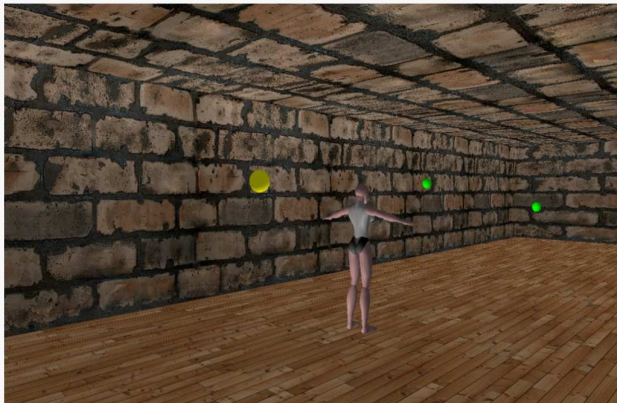
Interaction Homme – Avatar virtuel

Méthode: 5 conditions testées expérimentalement

	Squelette	Avatar virtuel en 2D	Avatar virtuel en 3D
Face-à-Face			
Face-à-Dos			

Interaction Homme – Avatar virtuel

Expérience & résultat



Deux niveaux de balle:

- Simple à attraper
- Difficile à attraper

Évaluateur:

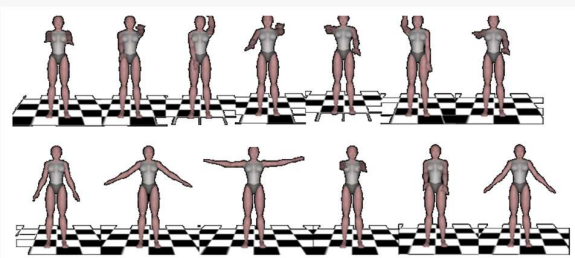
- longueur du trajet de balle

Interaction Homme – Avatar virtuel

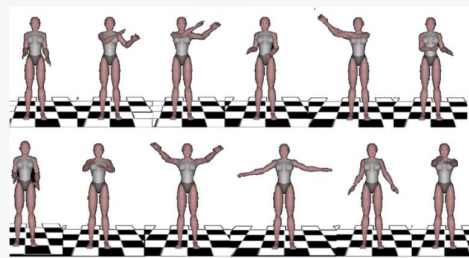
Expérience & résultat

■ Cas d'étude: apprentissage de geste

- 8 gestes classés en 2 groupes: simple et complexe
- Évaluateur: similarité entre deux gestes



Exemple de geste lent et simple

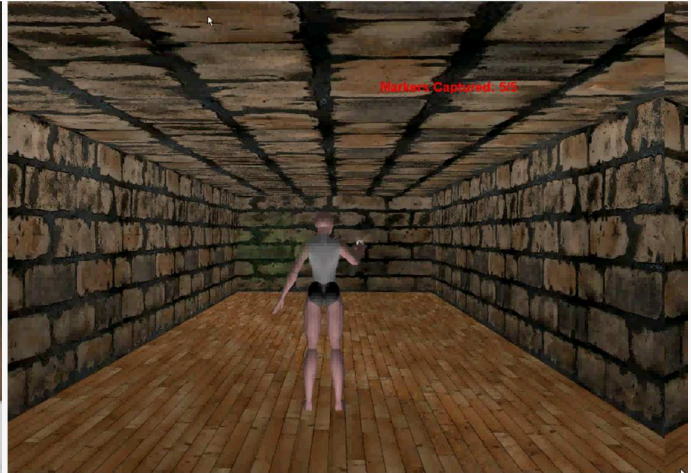


Exemple de geste rapide et complexe

Expérience & résultat

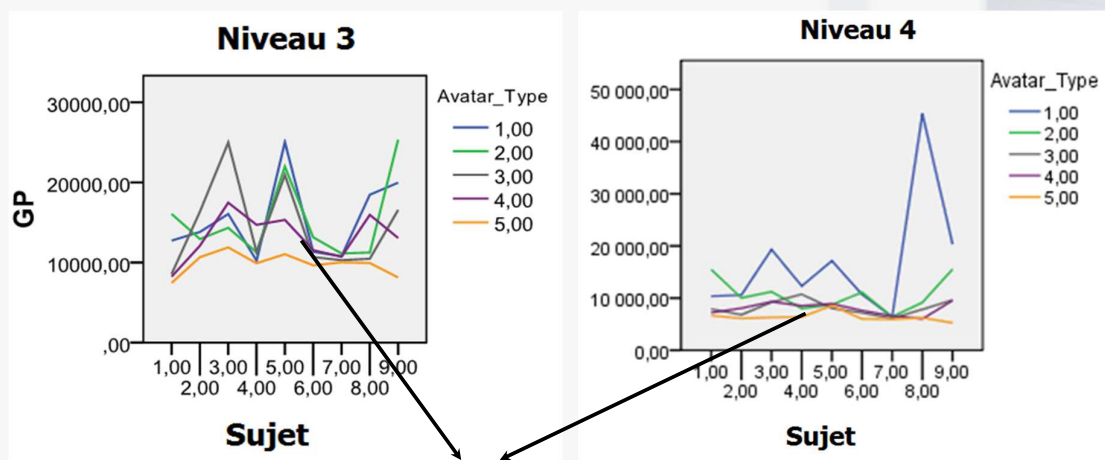
- Sujet: 9 sujets sains de 22-43 ans
- Chacun joue 5 fois
- Chacun apprend certains des 40 gestes

Vidéo: jeu balle



Expérience & résultat

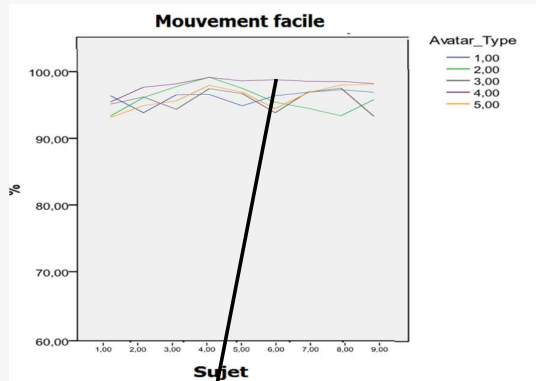
Niveau difficile du jeu



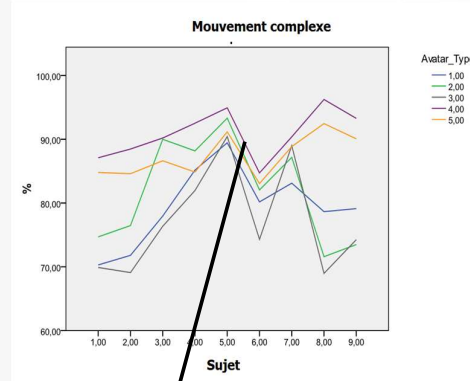
Le mode Face-à-Dos en 3D de l'avatar virtuel a montré la meilleure performance mais **pas de signification statistique**.

Expérience & résultat

4^{ème} type de représentation de l'avatar (Face-à-face en 3D) montre la meilleure performance



Pas de signification statistique



ANOVA:

$p(<4,1>; <4,2>; <4,3>; <4,5>) = (0.04; 0.31; 0.00; 0.47) < 0.05 \rightarrow$ **Signification statistique**

Conclusion & perspective

- Approche nouvelle et quantitative pour évaluer l'utilisabilité de l'avatar virtuel
- Analyse statistique pour confirmer la signification de notre évaluation
- Approche utilisable pour analyser les effets d'autres aspects de l'avatar virtuel
- Perspective: évaluer d'autres aspects de l'avatar virtuel

PLAN

1 Introduction

2 Outil d'évaluation du geste

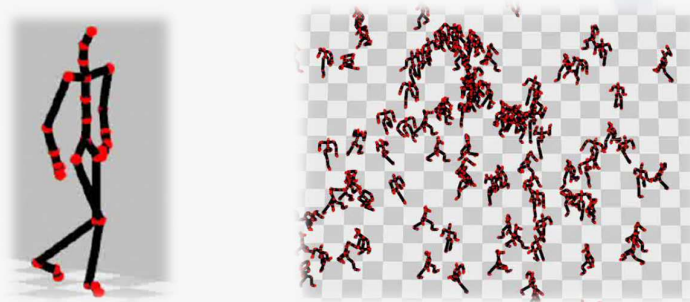
3 Interaction Homme – Avatar Virtuel

4 Fouille de données de MoCap

5 Conclusion & perspective



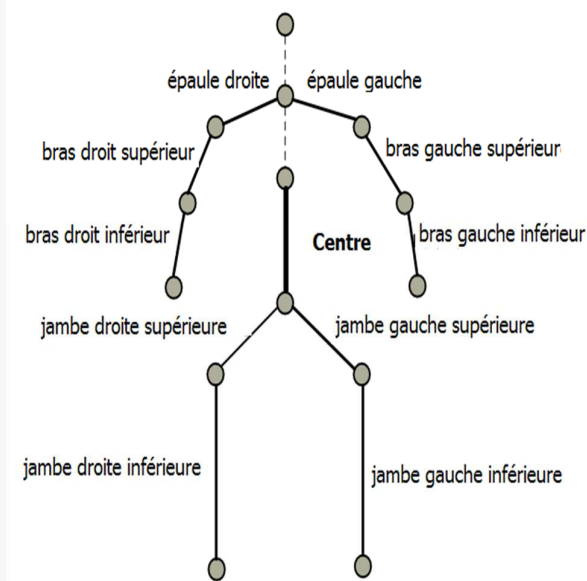
● Fouille de données de MoCap: Problématique



● Fouille de données de MoCap: 3 aspects principaux

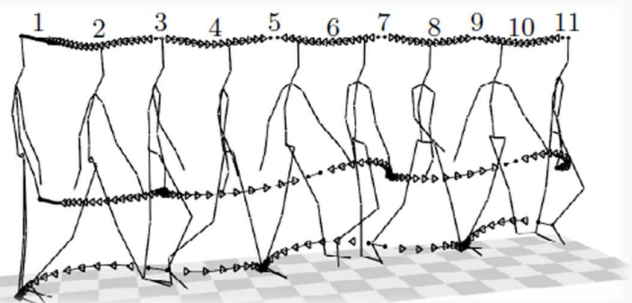
- Représentation de données MoCap
- Fonction de distance
- Techniques d'accélération de la recherche

Fouille de données de MoCap: Représentation de MoCap



$$\theta_i^k = \cos^{-1} \left(\frac{\vec{B}_i^{(k)} \cdot \vec{B}_i^{(Center)}}{|\vec{B}_i^{(k)}| |\vec{B}_i^{(Center)}|} \right), k = 1..10$$

$$M = \{C^k(\theta_1^k, \theta_2^k, \dots, \theta_{m_k}^k)\}, k = 1..10$$

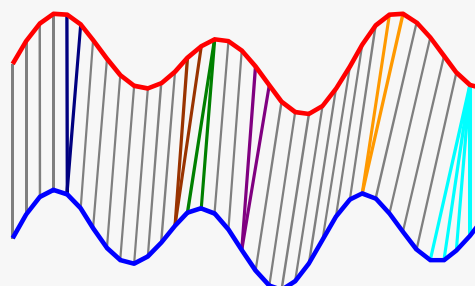
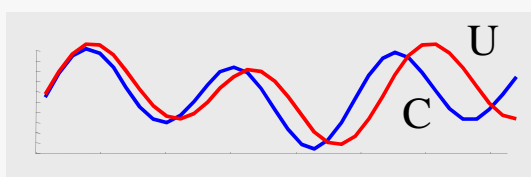


Fouille de données de MoCap: Fonction de distance - DTW

$$\gamma(i,j) = d(q_i, c_j) + \min\{\gamma(i-1, j-1), \gamma(i-1, j), \gamma(i, j-1)\}$$

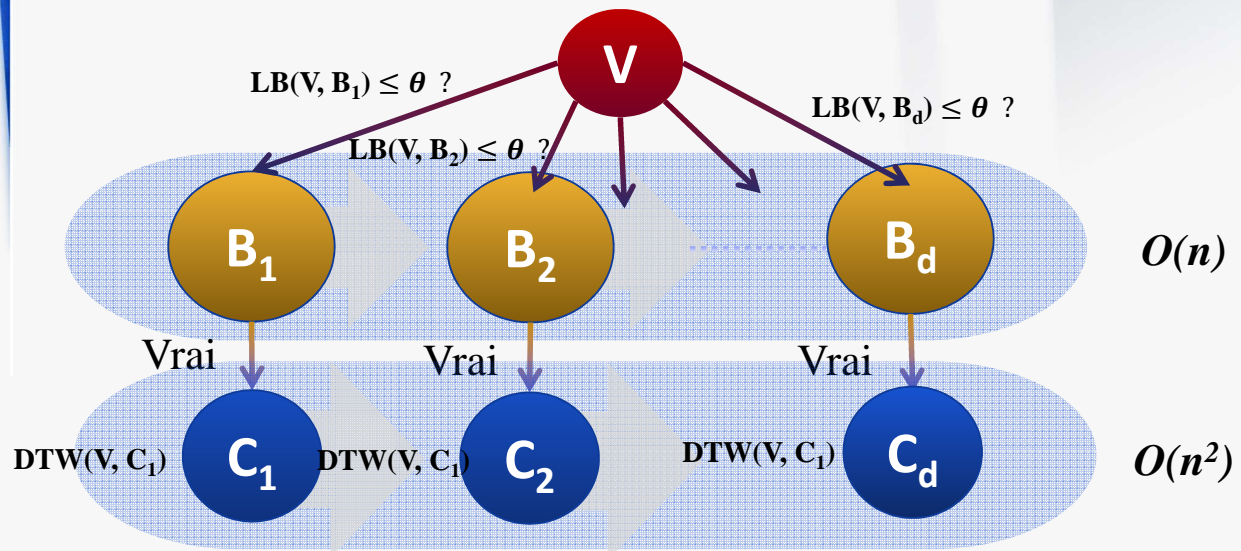
$$DTW(Q, C) = \gamma(m, n)$$

- $d(q, c)$: distance de Manhattan
- Complexité: $O(n^2)$



Fouille de données de MoCap: Techniques d'accélération de la recherche

Avec des techniques d'accélération de la recherche: une fonction de borne (LB) pour filtrer rapidement des candidats négatifs



Fouille de données de MoCap: Techniques d'accélération de la recherche

Autre technique d'accélération de la recherche ?



Technique de réduction dimensionnelle de la courbe



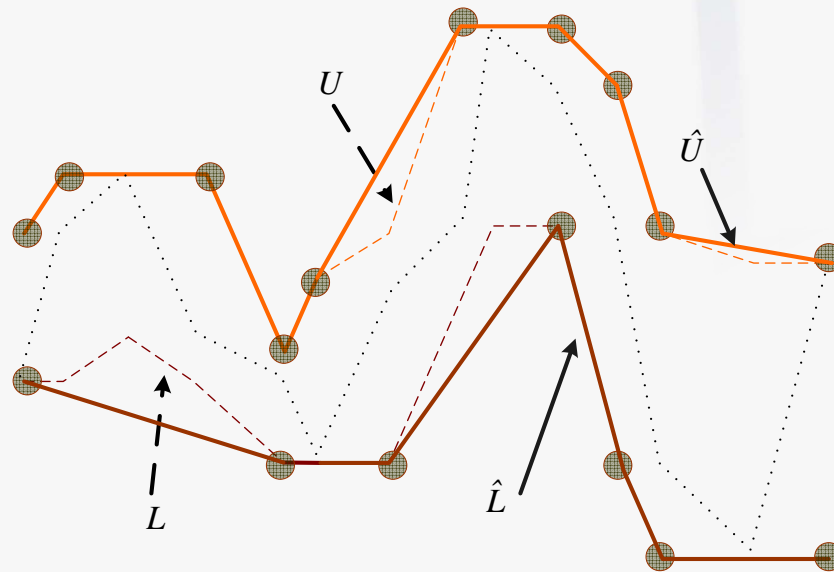
Algorithme de Lowe

Simple

Efficace

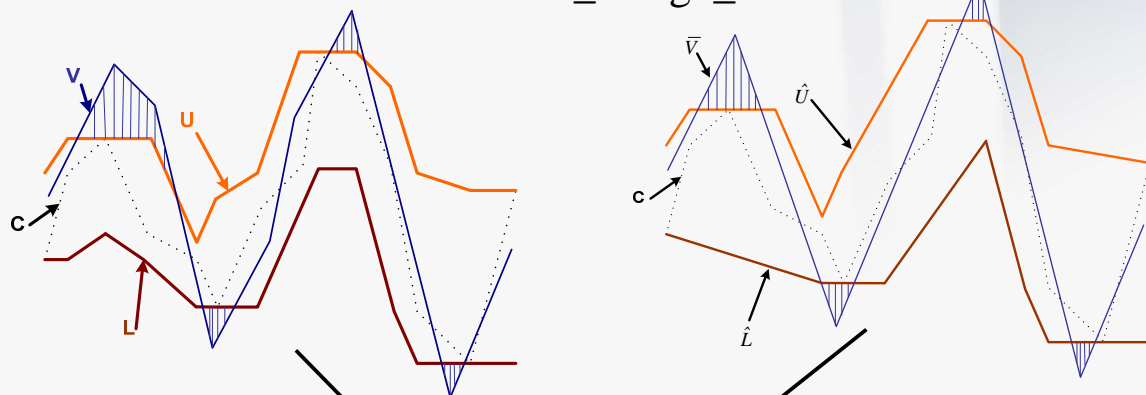
Fouille de données de MoCap: Techniques d'accélération de la recherche

Lowe modifiée pour les bornes



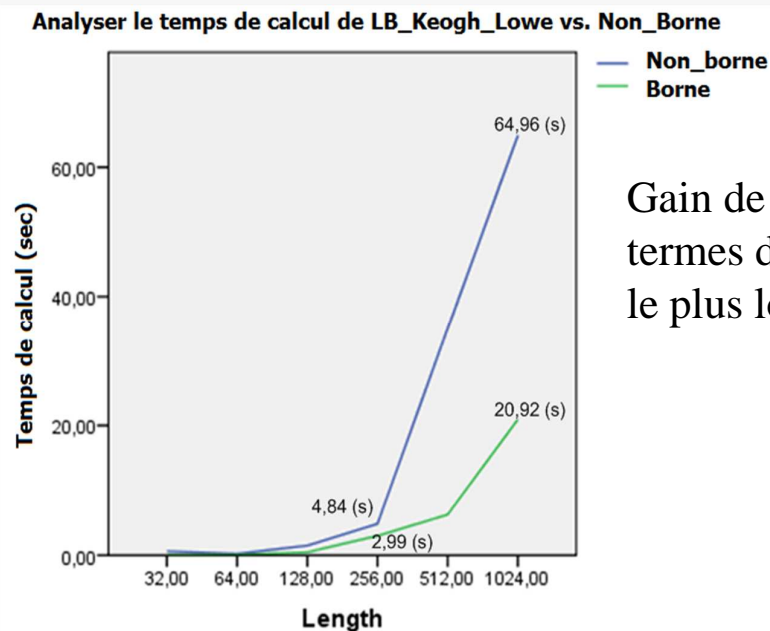
Fouille de données de MoCap: Techniques d'accélération de la recherche

Nouvelle fonction de borne: LB_Keogh_Lowe



LB_Keogh > LB_Keogh_Lowe ➡ Plus stricte

Fouille de données MoCap: expérience & résultat



Gain de 68% en efficacité en termes de temps pour retrouver le plus long mouvement

Conclusion

- Fouille de données de MoCap par la correspondance de courbe
- Nouvelle fonction de borne proposée
- Expérience pour évaluer l'efficacité et l'efficience de notre méthode sur des données de MoCap réelles

PLAN

1 Introduction

2 Outil d'évaluation du geste

3 Interaction Homme – Avatar Virtuel

4 Fouille de données temporelles

5 Conclusion & perspective

Conclusion

- Apport de méthodes et outils (technologie, scientifique) de développement d'un environnement virtuel pour la rééducation motrice
 - Avatar virtuel
 - Outil d'évaluation du geste
 - Fouille de données de MoCap pour améliorer l'autonomie de l'utilisateur
- Méthode quantitative pour évaluer l'utilisabilité de l'avatar virtuel

Perspectives

- Appliquer notre approche avec des patients
- Elargir ces travaux à un système plus immersif

■ Publication

■ Revues internationales à comité de lecture

Van-Hanh Nguyen, Frédéric Mérienne, Jean-Luc Martinez, (2010). Training-Based on Real-Time Motion Evaluation for Functional Rehabilitation in Virtual Environment. In the special issue "Image and graphics for virtual reality in medicine", International Journal of Image and Graphics (IJIG), Vol. 10, No. 2, 1-16.

Van-Hanh Nguyen, Frédéric Mérienne, Jean-Luc Martinez, (2009). Effects of Virtual Avatar Characteristics on Performance of Healthy Subjects Training Tasks, Journal of CyberTherapy & Rehabilitation. Fall 2009. Virtual Reality Medical Institute, Rue de la Loi B-1040 Bruxelles, Belgium, Vol. 2 (Issue 3), pp. 221-233.

■ Conférences internationales à comité de lecture

Van-Hanh Nguyen, Frédéric Mérienne, Jean-Luc Martinez, (2010). An Efficient Approach for Human Motion Data Mining Based on Curves Matching. Lecture Note, Springer, ICCVG2010, Warsaw, Poland.

Van-Hanh Nguyen, Frédéric Mérienne, Jean-Luc Martinez, Thierry Pozzo, (2010). An Approach for Measuring Human Gesture Learning Ability in Third-Person View Virtual Environment for Motor Rehabilitation. WINVR2010, Ames, USA.

Van-Hanh Nguyen, Frédéric Mérienne, Jean-Luc Martinez, (2009). Effects of Virtual Avatar Characteristics on Performance of Healthy Subjects Training Tasks. In Proceeding of "International Symposium on Neurorehabilitation. From basics to future", Valencia, Spain.



MERCI DE VOTRE ATTENTION

ARTS et METIERS ParisTech \ CNRS \ Le2i \ Institut **Image** \ 2 rue Thomas Dumorey 71100 Chalon sur Saône FRANCE

Apport de la réalité virtuelle pour la rééducation fonctionnelle

