

ACE-VR : Contrôle d'avatar par oculométrie en Réalité Virtuelle pour plus d'accessibilité

Structure :

- Ville: Nantes (France). Institution hôte : École Centrale de Nantes. Laboratoire: LS2N (équipe PACCE)

Superviseurs :

- Rebecca FRIBOURG, Maîtresse de conférences, École Centrale de Nantes, LS2N (PACCE)
- Jean-Marie NORMAND, Professeur, École Centrale de Nantes, LS2N (PACCE)
- Geoffrey GORISSE, Maître de conférences, École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers (Laval, France)

Contexte:

La réalité virtuelle permet aux utilisateurs d'être immergés dans des environnements virtuels (EVs) tout en étant capables d'interagir avec leur contenu (par exemple, des objets virtuels ou d'autres utilisateurs). En particulier, avec l'intérêt croissant et l'investissement économique récent dans le métavers, le nombre d'environnements virtuels partagés est susceptible d'augmenter dans un avenir proche, permettant à de multiples utilisateurs d'interagir et de collaborer ensemble. Dans les espaces virtuels partagés, les utilisateurs sont généralement représentés par un corps virtuel, également appelé avatar, qui est animé en fonction de leurs propres mouvements en temps réel. Pour ce faire, il est possible d'utiliser des combinaisons de capture de mouvement ou des capteurs spécifiques (par exemple, des capteurs pour la tête, les mains et les pieds) utilisés pour estimer les mouvements du corps à l'aide d'algorithmes de cinématique inverse [1]. Cependant, cela suppose que les utilisateurs soient en mesure de bouger, ce qui n'est pas toujours possible car les utilisateurs peuvent souffrir, par exemple, de paraplégie, de tétraplégie ou d'autres situations de handicap les empêchant de bouger certaines parties ou l'ensemble de leur corps. Dans l'optique d'un métavers inclusif, nous pensons qu'il est très important de développer des plateformes collaboratives accessibles dans lesquelles les avatars peuvent être incarnés par des utilisateurs ayant des capacités de mouvement limitées. **En utilisant des métaphores d'interaction alternatives, notre ambition est de fournir aux utilisateurs en situation de handicap un niveau similaire de contrôle sur le corps virtuel par rapport à ce qui est normalement obtenu avec les technologies de suivi.**

De nombreuses recherches ont déjà exploré la mise en œuvre de l'interaction "mains-libres" en VR [2], par exemple pour la formation chirurgicale dans laquelle les mains du chirurgien doivent rester libres pour manipuler le patient afin de rester proche d'un scénario réel. Pourtant, en comparaison, très peu d'études ont exploré la manière dont de telles métaphores d'interaction pourraient être utilisées pour rendre les expériences de réalité virtuelle plus accessibles aux personnes souffrant de handicaps moteurs spécifiques. Certains travaux ont exploré le potentiel des interfaces cerveau-ordinateur (ICO) combinées au mouvement de la tête pour une interaction mains libres en VR [3], tandis que d'autres travaux ont étudié l'utilisation de la commande vocale en comparaison à l'appui sur un bouton [4]. Pourtant, ces études n'impliquent pas d'avatars bien que ceux-ci soient connus pour améliorer grandement l'immersion [5] et le sentiment de présence [6] dans les EVs. De plus, alors qu'avoir un sentiment d'agentivité (SoA), c'est-à-dire "le sentiment de contrôle envers l'avatar", est important lors de l'utilisation d'avatars [7], ce dernier est très difficile à réaliser avec un contrôle "mains-libres" par rapport au mapping classique appliqué entre les mouvements des utilisateurs et des avatars. Alors que certains travaux ont montré qu'il est possible d'expérimenter un SoA limitée vers un avatar animé sans le contrôler directement (par exemple, lorsqu'il marche [8] ou bouge les jambes [9] de manière autonome), le niveau d'agentivité reste limité ce qui renforce la nécessité de proposer des méthodes innovantes afin de pouvoir contrôler finement des avatars en mode "mains-libres". À notre connaissance, une seule étude a étudié l'utilisation de l'ICO pour le contrôle d'un avatar en RV

immersive [10], montrant un impact positif sur le SoA. Pourtant, l'utilisation de tels systèmes soulève de nombreux défis techniques, nécessite une formation et nécessite un temps important de mise en place. L'utilisation du suivi oculaire pour l'interaction en VR est, en revanche, techniquement moins exigeante, et bien qu'elle ait été largement explorée pour diverses interactions en RV [11], cette technique n'a jamais été utilisée pour le contrôle d'avatars en RV.

L'objectif de cette thèse est donc d'explorer de nouvelles méthodes de contrôle d'un avatar en Réalité Virtuelle qui impliquent extrêmement peu voire pas de mouvement du tout du corps physique des utilisateurs. En particulier, nous souhaitons explorer l'utilisation du suivi oculaire, potentiellement combiné avec d'autres entrées (par exemple, commande vocale ou capteur électromyographique) pour contrôler un avatar en RV. L'objectif du doctorant sera de développer un environnement immersif dans Unity 3D et de mettre en œuvre différentes méthodes de contrôle d'un avatar impliquant le suivi oculaire. Plusieurs études utilisateurs seront menées afin de comparer différentes méthodes de contrôle et comment elles pourraient impacter différentes dimensions de l'expérience utilisateur (SoA des utilisateurs, facilité d'utilisation, performances de la méthode sur une tâche spécifique, etc.). En raison du caractère préliminaire de cette recherche, toutes les études d'utilisateurs seront menées sur des sujets sains.



Planning prévisionnel :

T0-T12 : Revue de la littérature, développement de l'environnement VR et différentes métaphores d'interaction eye-tracking. Une première étude utilisateur sera menée comme preuve de concept de notre implémentation. En particulier, pour une tâche (manipulation), plusieurs combinaisons multimodales seront testées pour améliorer notre système (par exemple, vocal + eye-tracking vs EMG + eye-tracking) dans des études utilisateurs.

T12-T18 : Nous visons à explorer d'autres tâches RV classiques avec des études d'utilisateurs (par exemple, navigation, mouvements complexes du corps entier, etc.).

T18-T30 : Enfin, nous souhaitons étudier nos méthodes de suivi oculaire pour le contrôle des avatars dans une application RV collaborative. En particulier, nous nous intéressons à la façon dont les utilisateurs percevront leur propre avatar ainsi qu'à la façon dont les avatars des autres utilisateurs seront perçus en fonction du niveau de contrôle sur l'avatar.

T30-T36 : l'étudiant se concentrera sur la rédaction du manuscrit de la thèse et la finalisation des articles.

Références :

- [1] D. Roth, J. Lugin, J. Büser, G. Bente, A. Fuhrmann, and M. E. Latoschik, "A simplified inverse kinematic approach for embodied VR applications," in *2016 IEEE Virtual Reality (VR)*, Mar. 2016, pp. 275–276.
- [2] P. Monteiro, G. Gonçalves, H. Coelho, M. Melo, and M. Bessa, "Hands-free interaction in immersive virtual reality: A systematic review," *IEEE Trans. Vis. Comput. Graph.*, vol. 27, no. 5, pp. 2702–2713, May 2021
- [3] R. Grichnik, M. Benda, and I. Volosyak, "A VR-Based Hybrid BCI Using SSVEP and Gesture Input," in *Advances in Computational Intelligence*, I. Rojas, G. Joya, and A. Catala, Eds., in Lecture Notes in Computer Science. Cham: Springer International Publishing, 2019, pp. 418–429.
- [4] P. Winkler, P. Stiens, N. Rauh, T. Franke, and J. Krems, "How latency, action modality and display modality influence the sense of agency: a virtual reality study," *Virtual Real.*, vol. 24, no. 3, pp. 411–422, Sep. 2020
- [5] B. J. Mohler, S. H. Creem-Regehr, W. B. Thompson, and H. H. Bühlhoff, "The Effect of Viewing a Self-avatar on Distance Judgments in an Hmd-based Virtual Environment," *Presence Teleoper Virtual Env.*, vol. 19, no. 3, pp. 230–242, 2010.
- [6] K. L. Nowak and F. Biocca, "The Effect of the Agency and Anthropomorphism on Users' Sense of Telepresence, Copresence, and Social Presence in Virtual Environments," *Presence Teleoperators Virtual Environ.*, vol. 12, no. 5, pp. 481–494, 2003.
- [7] K. Kilteni, R. Groten, and M. Slater, "The Sense of Embodiment in Virtual Reality," *Presence Teleoperators Virtual Env.*, vol. 21, no. 4, pp. 373–387, 2012.
- [8] J. Saint-Aubert, M. Cogne, I. Bonan, Y. Launey, and A. Lecuyer, "Influence of user posture and virtual exercise on impression of locomotion during VR observation," *IEEE Trans. Vis. Comput. Graph.*, pp. 1–1, 2022
- [9] E. Kokkinara, K. Kilteni, K. Blom, and M. Slater, "First Person Perspective of Seated Participants Over a Walking Virtual Body Leads to Illusory Agency Over the Walking," *Sci. Rep.*, vol. 6, p. 28879, Jul. 2016
- [10] B. Nierula, B. Spanlang, M. Martini, M. Borrell, V. V. Nikulin, and M. V. Sanchez-Vives, "Agency and responsibility over virtual movements controlled through different paradigms of brain–computer interface." *bioRxiv*, p. 735548, Aug. 15, 2019.
- [11] I. B. Adhanom, P. MacNeilage, and E. Folmer, "Eye Tracking in Virtual Reality: a Broad Review of Applications and Challenges," *Virtual Real.*, Jan. 2023