

Utilisabilité d'un outil auteur immersif : une étude expérimentale pour la scénarisation de vidéos panoramiques interactives

Daniel Xuan Hien Mai¹, Guillaume Loup¹, Jean-Yves Didier¹

¹ Université Paris-Saclay, Univ Evry, IBISC, 91020, Evry-Courcouronnes, France
danielxuanhien.mai@univ-evry.fr
guillaume.loup@univ-evry.fr
jeanyves.didier@univ-evry.fr

Résumé. La demande de formations à distance ainsi que le souhait de réduire les coûts d'apprentissage ont donné une forte impulsion au développement rapide d'environnements immersifs pour l'apprentissage humain. Une approche récente permet au formateur de concevoir son scénario pédagogique à l'aide d'un outil auteur pourvu d'une interface immersive et basé sur des vidéos panoramiques. Nous avons mené une étude pour évaluer l'utilisabilité de l'interface de Réalité Virtuelle (RV) et la comparer avec l'interface WIMP. Les résultats montrent (1) une meilleure corrélation entre les trajectoires des objets 3D positionnés par l'utilisateur et les entités ciblées dans la vidéo panoramique à l'aide d'une interface immersive ; (2) une différence significative dans le temps d'exécution des tâches entre les deux types d'interface ; (3) malgré le sentiment de cybermalaise, les formateurs sont toujours plus satisfaits et motivés lors de l'exécution de la tâche sur l'interface RV par rapport à l'interface WIMP.

Mots-clés : vidéos panoramiques, outil auteur, réalité virtuelle, interface WIMP, environnements immersifs, technique d'interaction.

Abstract. The need for distance education along with the desire to reduce learning costs has given a strong impetus to the rapid development of virtual immersive learning environments. Recently, a new approach has been developed to allow the trainer to construct his educational scenario with the help of an immersive authoring tool that is based on panoramic videos. We conducted this study to evaluate the usability of the Virtual Reality (VR) interface and to compare it with the WIMP interface. The results show (1) a better correlation between the trajectories of 3D objects positioned by the user and the entities targeted in the panoramic video using an immersive interface; (2) a significant difference in task execution time between the two interface types; (3) greater trainer satisfaction and motivation towards the VR interface compared to the WIMP interface despite the symptoms of cyber sickness.

Keywords: panoramic videos, authoring tool, virtual reality, WIMP interface, immersive environments, interaction technique.

1 Introduction

Le développement d'environnements immersifs présente de nombreux défis tant au niveau des processus que des outils de production [1]. Ces outils requièrent souvent des connaissances avancées du formateur pour atteindre les résultats souhaités. L'environnement immersif basé sur la vidéo panoramique est une solution qui simule des scénarios interactifs proches de la réalité. La vidéo panoramique peut être enrichie par l'ajout d'éléments interactifs afin d'améliorer l'expérience utilisateur [2]. Ils nécessitent une structure particulière, adaptée aux dimensions spatiales et temporelles [3]. Un outil auteur adapté assiste activement les formateurs dans la construction du contenu [4]. De nouvelles exigences pour les outils auteurs basés sur des vidéos panoramiques ont conduit au concept d'un outil exclusivement immersif. Il doit fournir aux formateurs un accès similaire à celui de l'apprenant afin d'obtenir rapidement un ensemble d'informations pour auto-évaluer les résultats de leur travail tout au long de la conception [5].

Cependant, il reste encore à déterminer si la nouvelle interface interactive en réalité virtuelle (RV) est différente en termes d'utilisabilité et de motivation par rapport à l'interface *Windows, Icons, Menus and Pointing* (WIMP) traditionnelle. Pour répondre à cette question, une expérimentation a été effectuée, selon un scénario défini, se déroulant sur les deux types d'interfaces.

2 État de l'art

La conception interactive qui complète la vidéo panoramique présente des défis non seulement techniques mais aussi de conception [6]. De plus, le sentiment d'immersion affecte l'efficacité de la navigation visuelle dans les interfaces WIMP et RV [7]. Une des principales tâches du concepteur sera de superposer un objet 3D à la vidéo panoramique. Pour assurer une cohérence entre ces deux entités, une trajectoire prédéterminée basée sur la chronologie de la vidéo panoramique [3] est définie. Plusieurs études ont été dédiées à l'outil auteur. T. Adão et al. ont réalisé une expérimentation pour évaluer l'utilisabilité de la solution de conception rapide d'objets [8]. Une autre expérimentation a évalué la continuité de l'intégration d'animations vidéo, d'objets 3D ainsi que de son 3D [9]. Pakkanen *et al.* ont proposé une comparaison de 3 modèles de techniques d'interaction en RV [10] utilisés pour contrôler la lecture de vidéo panoramique. Ils ont montré que les participants ont connu une réduction des nausées lors du deuxième passage. En tant qu'étude de cas d'outils auteurs de vidéos panoramiques, l'expérimentation de Coelho & Melo [5] est remarquable lorsqu'il s'agit d'évaluer l'utilisabilité de 3 types d'interfaces différents : WIMP, RV et tangible. La recherche a montré que des interfaces RV et tangibles ont un degré de satisfaction plus élevé que les interfaces WIMP.

Ces expérimentations ont montré que l'exécution de la même technique d'interaction sur différents types d'environnements ou d'interfaces aura des résultats d'utilisabilité différents. L'exigence de cohérence spatio-temporelle dans l'interaction est un élément caractéristique des environnements immersifs basés sur la vidéo panoramique. Il est

ainsi nécessaire de comparer une technique d'interaction spécifique aux outils auteurs sur vidéo panoramique, entre l'interface WIMP traditionnelle et l'interface RV, au travers d'une nouvelle étude expérimentale.

3 Hypothèses de travail

En ce qui concerne la différence dans des actions de changement du point de vue et d'enregistrement de trajectoire, notre première hypothèse était que cela conduirait à une différence d'utilisabilité entre deux types d'interface en termes de précision ainsi qu'en temps d'exécution. Notre deuxième hypothèse est que l'utilisation du casque RV n'augmente ni la charge mentale, ni les symptômes de cybermalaise de façon significative par rapport à une interface WIMP. Nous supposons que les participants utilisant l'interface RV sont plus motivés que ceux utilisant l'interface WIMP.

4 Méthode

4.1 Outil auteur immersif : Wixar [11]

Les deux versions PC et RV de Wixar ont la même interface utilisateur (UI) et modifient la technique d'interaction : la souris au lieu de la manette avec le laser, le clavier avec des boutons pour la rotation au lieu de tourner la tête avec le casque RV. Ces techniques d'interaction sont donc des interfaces homme-machines standards, aptes à la comparaison et n'affecteront pas négativement les résultats de l'expérimentation.

4.2 Participants, Scénarios et Procédure

Pour cette expérimentation, 30 participants ont été sélectionnés entre 20 et 55 ans, l'âge moyen étant de 30,7 ans. Les participants ont été répartis selon l'âge pour assurer un équilibre entre les deux groupes WIMP et RV. Les principales missions demandaient au participant de positionner et paramétrer un marqueur virtuel sur un poisson dans la vidéo panoramique. Chaque poisson possède une trajectoire différente avec une complexité croissante étape par étape : mouvement linéaire, léger ondulé, autour des pieds, autour de l'espace avec une accélération variable, autour verticalement.

4.3 Mesures et méthode d'analyse

Nous avons collecté les données relatives au comportement du participant : les mouvements, les opérations de création, suppression, déplacement d'objets et l'enregistrement de trajectoire du marqueur. Ces données ont été analysées pour évaluer l'efficacité (la précision de la manipulation) et l'efficience (le temps qu'il faut pour réaliser des tâches) de l'utilisabilité. Des questionnaires sont utilisés pour collecter des informations relatives à la démographie, au cybermalaise (SSQ) [12], à la satisfaction (SUS) [13] ainsi qu'à la motivation (SIMS) [14].

À un instant t dans la vidéo, le marqueur m a la position p_m et le poisson p a la position p_p . La distance $d_t(p_m, p_p)$ est la distance entre deux objets au temps t .

Notre objectif est de mesurer et comparer les variations et la stabilité des trajectoires enregistrées en tenant compte de la trajectoire ciblée. La distance relative entre deux périodes consécutives $t+1$ et t a été calculée, c'est-à-dire $\Delta_{t+1,t} = |d_{t+1} - d_t|$.

5 Résultats

5.1 Effet de l'interface interactive sur l'efficacité

La différence moyenne (Δ) est calculée pour les tests d'efficacité sur les 5 missions dans des scènes de s1 à s5. L'efficacité est inversement proportionnelle au coefficient Δ , on peut donc voir (dans la figure 1) que le groupe des participants sur RV a enregistré des trajectoires plus stables que le groupe utilisant l'interface WIMP.

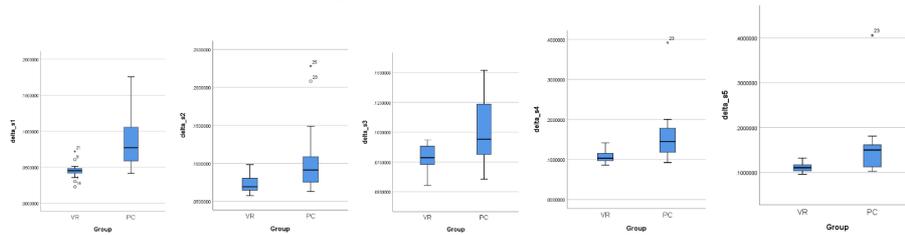


Fig. 1. Distribution des différences moyenne de trajectoire pour les deux groupes par séquence.

Le test de Student (sig.=0.016) sur $\Delta s3$ et les tests U de Mann-Whitney sur $\Delta s1$ (sig.=0.001), $\Delta s2$ (sig.=0.004), $\Delta s4$ (sig.=0.001) et $\Delta s5$ (sig.=0.005) montrent des différences significatives entre deux groupes.

5.2 Effet de l'interface interactive sur l'efficience

Concernant l'efficience, nous avons constaté que le groupe RV a terminé des tâches dans un temps relativement meilleur que le groupe WIMP (figure 2).

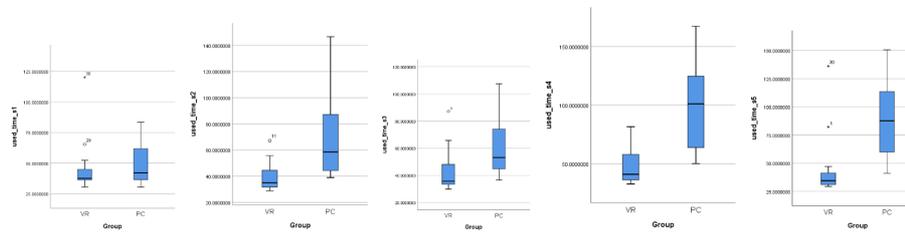


Fig. 2. Distribution des différences du temps d'exécution pour les deux groupes par séquence.

Des tests U de Mann-Whitney sur les données temporelles ont montré que seulement s1 (sig.=0.35) ne montrait aucune différence significative, les autres s2 (sig.=0.001), s3 (sig.=0.005), s4 (sig.=0.0001) et s5 (sig.=0.0002) montrent une différence significative.

5.3 Satisfaction, cybermalaise et motivation

Concernant les résultats du questionnaire F-SUS permettant d'évaluer le taux de satisfaction, il n'existe pas de différence significative entre le groupe RV (M=79.6, E.T.=11,7) et le groupe WIMP (M=76,8, ET=15,4). Même si les valeurs importantes des écarts types mettent en évidence une forte diversité des avis, l'interprétation des moyennes du SUS [15] permet de conclure que les deux systèmes mènent à un niveau de satisfaction acceptable par les utilisateurs.

Concernant les résultats des questions relatives à la nausée, le test de normalité par Shapiro-Wilk (sig.=0.009) mène à une évaluation U de Mann-Whitney (sig.=0.001) et a montré que les participants ayant porté le casque RV ont ressenti un cybermalaise significatif. De plus, le Test de Levene (sig.=0.447) et T-Test (sig.=0.023) sont confirmés par ceux des questions relatives aux troubles oculomoteurs plus important pour le groupe RV que pour le groupe WIMP.

Concernant la motivation intrinsèque, il existe une différence significative entre le groupe RV (M=23,8 et ET=2,9) et le groupe WIMP (M=19,7 et E.T.=5,4). Une seconde différence significative entre le groupe RV (M=8,9 et ET=4,6) et le groupe WIMP (M=13,9 et E.T.=7,1) concerne la régulation externe. Elles mettent en avant un sentiment d'autonomie plus important pour le groupe RV que pour le groupe WIMP.

6 Discussion

Concernant notre première hypothèse, l'interface RV s'est avérée plus efficace et plus efficiente. L'analyse a démontré que le suivi du poisson par un marqueur effectué sur l'interface RV est plus stable que celui effectué sur l'interface WIMP. La capacité à percevoir l'espace et surtout la vitesse de déplacement de l'objet à travers l'interface RV est meilleure que sur l'interface WIMP. La navigation spatiale, lorsqu'elle est combinée à un enregistrement de trajectoire simultané et ininterrompu, se traduit par de meilleures performances de l'interface RV en termes de temps et de précision.

D'après les résultats de l'analyse de cybermalaise, la nausée ainsi que le trouble oculomoteur étaient plus prononcés sur l'interface RV que sur l'interface WIMP. Le processus de l'expérimentation pour l'ensemble des 5 tâches est assez long, nous n'avons donc pas détaillé cet aspect de l'étude aussi profondément que l'expérimentation de Pakkanen et al. [10] où les participants répétaient la tâche pour évaluer leur capacité d'adaptation à l'environnement immersif à différents moments.

Les résultats des questionnaires de l'échelle de motivation situationnelle ont montré une différence significative dans la motivation intrinsèque et la régulation externe entre les deux groupes. Un plus grand sentiment d'autonomie dans le groupe RV se traduira par une meilleure motivation pour accomplir des tâches.

7 Conclusion

L'objectif de notre expérimentation était d'évaluer et de comparer l'utilisabilité de l'interface RV avec l'interface WIMP pour la conception de scénarios interactifs pour la vidéo panoramique. Les résultats sont meilleurs en termes de suivi de mouvement ainsi que de temps d'exécution sur l'interface RV par rapport à l'interface WIMP. Concernant la satisfaction, bien qu'il n'y ait pas de différence significative, elle était dans des limites acceptables. En termes d'utilisabilité, l'interface RV semble mieux adaptée grâce aux interactions relatives à la coordination spatio-temporelle. Bien que la RV ait des problèmes liés au cybermalaise, elle donne toujours une meilleure satisfaction et motivation aux formateurs en comparaison avec l'interface WIMP.

L'environnement immersif basé sur une vidéo panoramique interactive ne comprend pas seulement des objets interactifs spatio-temporels, mais également d'autres objets tels que du texte et du son. Par conséquent, la création de ces objets dans l'outil auteur

doit être évaluée plus en détail pour leur utilisabilité multiplateforme. À l'avenir, nous examinerons et évaluerons la pertinence du système pour différents types de scénarios, dans le but de proposer un modèle pour le développement d'un assistant de scénarisation afin d'aider le formateur dans le processus de construction.

References

1. Sundström, Y.: Game design and production: frequent problems in game development (2013).
2. Chambel, T., Chhaganlal, M. N., & Neng, L. A.: Towards immersive interactive video through 360 hypervideo. In Proceedings of the 8th international conference on advances in computer entertainment technology, pp. 1-2 (2011).
3. Mendes, P. R., Guedes, Á. L., Moraes, D. D. S., Azevedo, R. G., & Colcher, S.: An authoring model for interactive 360 videos. In 2020 IEEE International Conference on Multimedia & Expo Workshops (ICMEW) (pp. 1-6). IEEE (2020).
4. Khademi, M., Haghshenas, M., & Kabir, H.: A review on authoring tools. In Proceedings of the 5th International Conference on Distance Learning and Education, IPCSIT, vol. 12, pp. 40-44 (2011).
5. Coelho, H., et al.: Authoring tools for creating 360 multisensory videos—Evaluation of different interfaces. *Expert Systems*, 38(5), e12418 (2021).
6. Argyriou, L., et al.: Engaging immersive video consumers: Challenges regarding 360-degree gamified video applications. In 2016 15th international conference on ubiquitous computing and communications and 2016 international symposium on cyberspace and security (IUCC-CSS) (pp. 145-152). IEEE (2016).
7. Robertson, G., Czerwinski, M., & Van Dantzich, M.: Immersion in desktop virtual reality. In Proceedings of the 10th annual ACM symposium on User interface software and technology, pp. 11-19 (1997).
8. Adão, T. et al.: A rapid prototyping tool to produce 360 video-based immersive experiences enhanced with virtual/multimedia elements. *Procedia computer science*, 138, 441-453 (2018).
9. Choi, K., et al.: Interactive and Immersive Learning Using 360° Virtual Reality Contents on Mobile Platforms. *Mobile Information Systems* (2018).
10. Pakkanen, T., et al.: Interaction with WebVR 360 video player: Comparing three interaction paradigms. In 2017 IEEE Virtual Reality (VR), pp. 279-280. (2017).
11. Wixar, <https://www.wixar.io/>, last accessed 2023/05/11.
12. Kennedy, R. S., Lane, N. E., Berbaum, K. S., & Lilienthal, M. G.: Simulator sickness questionnaire: An enhanced method for quantifying simulator sickness. *The international journal of aviation psychology*, 3(3), 203-220 (1993).
13. Brooke, J.: SUS-A quick and dirty usability scale. *Usability evaluation in industry*, 189(194), 4-7 (1996).
14. Guay, F., Vallerand, R. J., & Blanchard, C.: On the assessment of situational intrinsic and extrinsic motivation: The Situational Motivation Scale (SIMS). *Motivation and emotion*, 24, 175-213 (2000).
15. Bangor, A., et al.: Determining what individual SUS scores mean: Adding an adjective rating scale. *Journal of usability studies*, 4(3), 114-123 (2009).