

Métaphores d'Interactions en Réalité Virtuelle pour les *Learning Games* Immersifs

Nicolas Muller^{1,2}, David Panzoli^{1,2}, Pierre Lagarrigue^{1,3} et Jean-Pierre Jessel^{2,4}

¹ INU Jean-François Champollion, Université de Toulouse

² Institut de Recherche en Informatique de Toulouse, CNRS UMR 5505

Nicolas.Muller@irit.fr,

³ Institut Clément Ader, CNRS UMR 5312

⁴ Université Toulouse 3 Paul Sabatier

Résumé Les jeux sérieux immersifs bénéficient de la richesse des techniques et des dispositifs de la réalité virtuelle. Cependant, leur portée pédagogique nécessite la prise en compte de contraintes particulières : public inexpérimenté, formations nomades et critères d'évaluation spécifiques. Nous proposons un cadre méthodologique d'interaction cohérent et pertinent pour l'apprentissage collaboratif en environnement virtuel. Ce cadre sera appliqué au contexte d'un atelier de génie mécanique où ses capacités à faciliter les interactions entre les apprenants et l'environnement ou la collaboration entre les apprenants seront démontrées et mesurées.

Mots-clé : réalité virtuelle, jeu sérieux, interactions

1 Introduction

Les *learning games* (LG), ou jeux sérieux pour l'apprentissage, se sont démocratisés ces dernières années grâce à leur capacité à favoriser l'engagement des apprenants. Particulièrement, les LG immersifs en 3D ont montré leur intérêt dans le cadre de la formation professionnelle, pour l'enseignement des protocoles ou des processus métier dans des contextes techniques comme le bloc opératoire (3D Virtual Operating Room [7]), l'atelier de génie mécanique (Mecagenius [3]) ou d'autres encore (MASCARET [2], etc.). Les LG immersifs offrent la possibilité de reproduire un environnement de travail de manière visuellement réaliste et permettant à un ou plusieurs apprenants de restituer avec précision leur activité professionnelle. Si les LG immersifs s'inspirent des techniques du jeu vidéo pour proposer des narrations pédagogiques *gamifiées*, ils reposent néanmoins souvent sur des environnements virtuels traditionnels, comme les environnements virtuels interactifs (EVI) ou les environnements virtuels pour l'apprentissage humain (EVAH).

La richesse des techniques et des dispositifs de la RV, notamment suite à l'essor récent des casques de RV grand public, offre une grande variété de possibilités dans la conception des méthodes de visualisation et d'interaction avec l'EVI et/ou les autres utilisateurs [8]. Cependant, cette variété rend également plus

difficile le choix de ces méthodes, du fait de la nécessité d'offrir à l'utilisateur un environnement cohérent et intuitif. Nos travaux de recherche consistent à proposer un cadre méthodologique d'interaction cohérent et pertinent pour une application à visée pédagogique. Le contexte d'application de ces recherches est un LG immersif dédié à la fois à la formation initiale en génie mécanique et à la formation continue de professionnels dans l'atelier de production. À travers un certain nombre de scénarios pédagogiques mis en oeuvre dans un atelier virtuel, ce LG abordera l'utilisation et le réglage de machines outils à commande numérique, les étapes d'une chaîne de production depuis la conception jusqu'au contrôle qualité des pièces produites, et la collaboration entre les différents intervenants dans la chaîne. Le cadre méthodologique se veut généraliste et les interactions proposées doivent être réutilisables dans d'autres situations.

Ce contexte apporte un certain nombre de contraintes spécifiques. Premièrement, l'inexpérience du public ciblé avec les dispositifs de réalité virtuelle impose que les interactions proposées soient comprises instinctivement par des utilisateurs n'ayant jamais eu d'expérience préalable. Deuxièmement, la simplicité de mise en oeuvre des formations, notamment les formations collaboratives impliquant simultanément plusieurs apprenants, requiert l'utilisation de dispositifs peu encombrants, mobiles et peu coûteux. Les casques de RV représentent une technologie prometteuse nouvellement remise au goût du jour, mais dont les apports concrets doivent encore être explorés. Le dernier point concerne l'évaluation des méthodes et des dispositifs engagés. Les critères d'évaluation existants, basés principalement sur des mesures d'efficacité ou d'utilisabilité ne semblent pas les plus pertinents dans un cadre pédagogique et de nouvelles méthodes d'évaluation doivent être élaborées pour mesurer l'expérience utilisateur [9].

2 Pistes de recherche

Traditionnellement, les interactions en RV sont réparties en trois catégories : sélection, déplacement et manipulation [1].

La sélection permet à l'utilisateur de spécifier des objets de l'EVI pour effectuer des actions ultérieures. Dans une application bureau, cela correspond à cliquer sur l'objet à sélectionner. Avec un casque de réalité virtuelle, la souris n'est plus utilisable de cette façon, car le pointeur n'est plus visible. La sélection est donc généralement effectuée à l'aide de techniques de lancer de rayon partant de la manette ou dirigée par le regard.

La méthode préconisée en l'absence d'autre périphérique que le casque de réalité virtuelle ou dans le cas où les autres périphériques d'entrée sont réservés pour d'autres interactions, est la sélection au regard. Elle consiste à placer un viseur dans la direction donnée par l'orientation de la tête. La sélection se fait alors à l'aide du rayon partant du centre de la tête, dirigé par son orientation, elle peut être déclenchée par une action de l'utilisateur (par exemple l'appui d'une touche), par simple passage de ce rayon sur un objet (avec éventuellement un temps d'attente). Cette deuxième option posant le problème de la sélection involontaire (*Midas Touch*). De plus, même dans le cas du déclenchement par

une action de l'utilisateur, cette méthode de sélection est contraignante, car elle force l'utilisateur à viser précisément un objet avec son regard pour pouvoir le sélectionner. Utiliser cette méthode de sélection est également susceptible de fausser les données oculométriques disponibles en obligeant l'utilisateur à fixer des objets du regard pour les sélectionner, et ainsi, empêcher l'interprétation de ces données. Une partie de l'inconfort généré par cette méthode de sélection vient de l'approximation de la direction du regard par celle de la tête (fournie à l'application par le casque de réalité virtuelle) qui force l'utilisateur à tourner la tête plus que s'il voulait regarder l'objet sans viseur au centre de l'affichage. Un système d'assistance permettant d'améliorer cette approximation pourrait permettre de réduire cet inconfort.

Une solution alternative, demandant un système de suivi de mouvement et ne permettant que la sélection à faible distance est la sélection se basant sur la collision entre une main virtuelle (dirigée par la main de l'utilisateur dans le monde réel) et l'objet à sélectionner. L'avantage de cette méthode de sélection est son intuitivité. En effet la main virtuelle est identifiée par l'utilisateur comme sa propre main et la sélection se fait en touchant l'objet.

Le déplacement correspond à la capacité de l'utilisateur à contrôler son point de vue. Par exemple en utilisant les flèches du clavier ou un joystick mais aussi en se déplaçant dans l'espace de suivi ou en tournant la tête.

La problématique principale du déplacement pour casques de réalité virtuelle vient du mal du simulateur, provoqué par un conflit entre les informations visuelles (fournies par l'application) et vestibulaires (ressenties par l'utilisateur). La vision périphérique jouant un rôle majeur dans le conflit visuo-vestibulaire, certaines pistes ont été explorées pour réduire le mal du simulateur causé par les méthodes de déplacement, comme l'affichage d'une scène fixe dans la vision périphérique de l'utilisateur ou la représentation d'un véhicule dans lequel l'utilisateur se déplace remplissant son champ de vision périphérique. Il faut cependant noter que cela ne fait que diminuer le mal du simulateur causé par le déplacement sans l'annuler complètement. Dans le cadre d'un jeu à visée pédagogique, où les utilisateurs seront incités à utiliser l'application, sachant que les sensibilités peuvent varier fortement entre les individus, il est préférable d'utiliser des méthodes de déplacement ne proposant aucune accélération afin d'éviter le conflit visuo-vestibulaire.

C'est le cas de la téléportation. On distingue la téléportation globale et la téléportation proximale. La téléportation globale amène directement l'utilisateur à une destination qu'il aura choisie, sans générer de mal du simulateur, mais souvent au prix d'une perte de repères à l'arrivée. Le choix de la destination peut s'effectuer à l'aide des méthodes de lancer de rayon pour sélectionner des objets directement dans la scène. Pour des scènes plus grandes, on peut sélectionner les destinations parmi une liste proposée sous forme d'un "monde en miniature" ou d'un menu dans la scène. La téléportation proximale consiste à ne permettre la téléportation qu'à courte distance. Cette méthode de déplacement, similaire à celle proposée dans *Google Street View* permet de minimiser la perte de repères due à la téléportation mais oblige l'utilisateur à maintenir une carte mentale de

son environnement. Une implémentation de ce concept peut être trouvée dans le jeu *The Lab* édité par Valve. Elle consiste à se déplacer en sélectionnant la destination à l'aide d'un rayon parabolique dirigé par la manette et attiré par le sol comme sous l'effet de la gravitation limitant ainsi la distance maximale possible.

La manipulation permet d'agir sur l'EVI à l'aide des périphériques d'entrée, par exemple manipuler un objet pour le déplacer, utiliser un clavier virtuel, appuyer sur un bouton pour lancer une procédure ou même manipuler une information pour la transmettre à un autre utilisateur. Dans le monde réel nous utilisons nos mains pour la quasi-totalité de nos interactions. Naturellement la méthode principale pour interagir dans un EVI est donc aussi la manipulation avec les mains, même si la voix, le regard et d'autres parties du corps peuvent aussi être utilisées. Parmi les technologies grand-public, il existe deux types de périphériques permettant de diriger une main virtuelle : les périphériques utilisant des algorithmes de vision pour détecter la pose de la main de l'utilisateur (*Leap Motion*) et les contrôleurs à 6 degrés de libertés qui permettent de récupérer la position de la main ainsi que d'utiliser des boutons pour métaphoriser les interactions avec l'EVI. Ces premiers périphériques ont l'avantage de permettre une reproduction fidèle de la pose de la main de l'utilisateur alors que les seconds pourront être représentés dans l'EVI par un outil, une main ou n'importe quel objet que l'utilisateur arrive à identifier comme la manette qu'il tient dans la main.

Il est possible de proposer un modèle physique réaliste de l'EVI où l'utilisateur interagirait avec chaque objet à travers le moteur physique (exemple : bouton s'enfonce en réaction à une collision avec la main virtuelle, etc). En pratique ce genre de système est compliqué dans sa mise en œuvre ainsi que dans son utilisation, en raison du manque de retour haptique des objets avec lesquels l'utilisateur interagit. Les "smart objects" [5] représentent une alternative classique dans laquelle les objets 3D interactifs exhibent leurs propriétés interactionnelles. Ces affordances, qui sont traditionnellement représentées par des étiquettes texte ou des icônes pourraient prendre la forme d'outils métaphoriques remplaçant contextuellement la main virtuelle de l'utilisateur (à la manière du curseur dans les interfaces graphiques 2D). L'un des principaux problèmes de la manipulation en RV est l'absence de retour haptique rendant parfois certaines tâches de précision difficiles à réaliser. Il est cependant possible d'utiliser des techniques visio-haptiques comme celles proposées pour l'animation d'avatar à partir de systèmes de capture de mouvements dans [4] afin de rediriger la position des mains virtuelles. Ces techniques, en plus de fournir une sensation pseudo-haptique à l'utilisateur permettent de réduire l'amplitude des mouvements dans la simulation par rapport à ceux du monde réel permettant, a priori, plus de précision pour les tâches de manipulation.

L'évaluation d'un LG immersif ou d'un EVAH est rendue plus complexe que celle d'un EVI à cause de la dimension pédagogique. Il existe des critères permettant d'évaluer la performance ou l'utilisabilité de nombreux composants d'un EVI. Par exemple, la loi de Fitts permet de caractériser la précision et la rapidité

d'une tâche de sélection, le test RSSQ permet d'estimer le degré de mal du simulateur ressenti par l'utilisateur, etc. D'autres mesures plus récemment se sont attachés à mesurer des notions plus diffuses comme l'engagement, la présence ou la satisfaction [6]. Cependant, la dimension pédagogique joue assurément un rôle important. Premièrement, elle pourrait guider un choix de modélisation. Par exemple, le choix du déplacement ou de la téléportation dans un jeu sérieux immersif sera vraisemblablement guidé par l'intérêt pédagogique d'évaluer le déplacement du joueur, par exemple la traversée interdite d'une zone stérile dans le bloc opératoire, le passage dans une zone dangereuse à proximité d'une machine outil, etc. Deuxièmement, il est probable que l'impact de la formation en terme de transmission et de transposition des savoirs (dans le monde réel) soit liés à d'autres critères, nouveaux ou composites, et qui restent à explorer et à évaluer.

Références

1. Bowman, D.A., Kruijff, E., LaViola Jr, J.J., Poupyrev, I. : 3D user interfaces : theory and practice. Addison-Wesley (2004)
2. Chevaillier, P., Trinh, T.H., Barange, M., De Loor, P., Devillers, F., Soler, J., Querrec, R. : Semantic modeling of virtual environments using mascaret. In : 2012 5th Workshop on Software Engineering and Architectures for Realtime Interactive Systems (SEARIS). pp. 1–8. IEEE (2012)
3. Galaup, M., Segonds, F., Lelardeux, C., Lagarrigue, P. : Mecagenius : An innovative learning game for mechanical engineering. *International Journal of Engineering Education* 31(3), 786–797 (2015)
4. Jauregui, D.A.G., Argelaguet, F., Olivier, A.H., Marchal, M., Multon, F., Lecuyer, A. : Toward “pseudo-haptic avatars” : Modifying the visual animation of self-avatar can simulate the perception of weight lifting. *IEEE transactions on visualization and computer graphics* 20(4), 654–661 (2014)
5. Kallmann, M., Thalmann, D. : Direct 3d interaction with smart objects. In : Proceedings of the ACM symposium on Virtual reality software and technology. pp. 124–130. ACM (1999)
6. Lin, J.J., Parker, D.E. : User experience modeling and enhancement for virtual environments that employ wide-field displays. In : International Conference on Digital Human Modeling. pp. 423–433. Springer (2007)
7. Panzoli, D., Pons Lelardeux, C., Galaup, M., Lagarrigue, P., Minville, V., Lubrano, V. : Interaction and communication in an immersive learning game : the challenges of modelling real-time collaboration in a virtual operating room. In : Ma, M. (ed.) *Serious Games and Edutainment Applications*, 2nd Ed. Springer (2016)
8. Podwal, M., Clément, M., Welker, S., Tilton, R. : Daydream labs : Lessons learned from vr prototyping - google i/o 2016. Récupéré sur <https://www.youtube.com/watch?v=lGUmTQgbiAY> (2016)
9. Tcha-Tokey, K., Loup-Escande, E., Christmann, O., Canac, G., Farin, F., Richir, S. : Towards a user experience in immersive virtual environment model : a review. In : Proceedings of the 27th Conference on l'Interaction Homme-Machine. p. 26. ACM (2015)