

# S'entraîner à l'asepsie avec la réalité virtuelle

Leonardo Angelini<sup>1</sup>, Alexandre Favre<sup>1</sup>, François Magnin<sup>2</sup>, Mariateresa De Vito Woods<sup>2</sup>, Omar Abou Khaled<sup>1</sup>, Elena Mugellini<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institut HumanTech, HES-SO, Fribourg, Suisse

<sup>2</sup> Haute École de Santé, HES-SO, Fribourg, Suisse

{leonardo.angelini, francois.magnin, mariateresa.devitowoods,  
omar.aboukhaled, elena.mugellini}@hefr.ch,  
alexandre.favre@master.hes-so.ch

**Résumé.** Dans une collaboration interdisciplinaire entre une Haute École d'Ingénierie et une Haute École de Santé, nous avons développé une plateforme de réalité virtuelle pour l'entraînement à l'asepsie dans un contexte de soins. La première application développée réplique soigneusement un scénario de prise de sang. La plateforme permet de visualiser les erreurs d'asepsie et les risques de contamination pendant l'exécution des gestes. Un système de points permet de ludifier l'entraînement et de comparer les scores des étudiants. Nous avons mené des tests préliminaires avec 9 étudiants avec un casque de réalité virtuelle Oculus Quest 2. Lors du test, nous avons comparé différentes modalités d'interaction (manettes ou suivi des mains) et différents degrés d'immersion (téléportation dans un environnement complètement virtuel, ou mappage d'une vraie salle de simulation, avec possibilité de toucher des éléments physiques). Ces expériences nous ont permis de tirer un bilan sur le niveau d'immersion atteint par les nouvelles technologies de réalité virtuelle et sur leur implication possible dans la formation pratique des étudiants.

**Mots-clés :** Réalité virtuelle, Asepsie, Simulation, Contaminations, Oculus Quest.

**Abstract.** In an interdisciplinary collaboration between a University of Applied Sciences of Engineering and a University of Applied Sciences of Nursing, we have developed a virtual reality platform for asepsis training in a healthcare context. The first application developed carefully replicates a blood sampling scenario. The platform makes it possible to visualize the asepsis errors and the risks of contamination during the execution of the gestures. A point system allows to gamify the training and compare the students' scores. We conducted preliminary tests with 9 students with an Oculus Quest 2 virtual reality helmet. During the test, we compared different modes of interaction (joysticks or hand gestures) and different degrees of immersion (teleportation in a completely virtual environment, or mapping of a real simulation room, with the possibility of touching physical elements). These experiments allowed us to evaluate the level of immersion achieved by the new virtual reality technologies and their possible involvement in the practical training of students.

**Keywords:** Virtual Reality, aseptis, simulation, contamination, Oculus Quest.

## 1 Introduction

Les erreurs médicales sont la troisième cause de décès aux États-Unis avec 250 000 morts par année après les maladies cardiaques et les cancers [1]. En particulier, les infections du site chirurgical (ISS) sont une des erreurs les plus fréquentes [2]. Afin d'éviter ces infections l'OMS propose une liste de 29 recommandations pour garder un environnement propre en salle opératoire et pour décontaminer les appareils médicaux et des instruments chirurgicaux [3].

La prévention des infections est donc un élément clé dans l'apprentissage des infirmiers et plusieurs activités pratiques en simulation sont menées lors de la formation des étudiants. À ce propos, des salles du centre de simulation de la Haute École de Santé de Fribourg ont été aménagées en guise de chambre de patient afin de simuler un environnement de soins. L'accès à ce centre est évidemment restreint par sa forte occupation et règlementé par un calendrier académique. Les nouvelles technologies, et en particulier la réalité virtuelle, pourraient apporter un bénéfice concret dans le déroulement des simulations, car elles permettent non seulement d'optimiser l'utilisation des salles de simulation (grâce à un temps réduit pour la mise en place des expériences) mais aussi d'en faire complètement abstraction, permettant à l'étudiant de s'entraîner directement à la maison ou en dehors des heures de cours. En effet, la diffusion des casques de Réalité virtuelle (RV) à un prix abordable ouvre des nouvelles perspectives dans l'entraînement pratique dans les soins infirmiers. En particulier, dans cet article nous nous référons au casque Oculus Quest 2, désormais disponible sur le marché à un prix de 350€ (au moment de l'écriture de cet article), qui permet d'expérimenter des environnements virtuels à haute-fidélité sans besoin d'une machine dédiée pour le rendu graphique.

Dans ce contexte, et dans le cadre d'une collaboration interdisciplinaire entre la Haute École de Santé (HEdS) et la Haute École d'Ingénierie, nous avons développé une plateforme de réalité virtuelle pour l'entraînement à l'asepsie, en particulier dans un scénario de prise de sang. Dans cet article, nous présentons le résultat d'une première expérience avec 9 étudiants, afin de comprendre sa pertinence et son utilisabilité pour un futur parcours d'apprentissage hybride, supporté par les outils numériques en plus de la simulation réelle. Notre travail s'inspire des précédentes recherches sur la simulation en RV dans le domaine de la santé [4]. Il s'inspire également des jeux sérieux en 3D tels que 3D Virtual Operating Room [5] et Safe Surgery Trainer [6] qui visent à entraîner le personnel périopératoire et à favoriser une meilleure communication entre eux. En particulier, pour la représentation des contaminations avec des points colorés, nous nous sommes inspirés de CatCare [7].

L'expérience et l'outil présentés dans cet article s'inscrivent dans un processus de développement itératif centré utilisateur. Nous présentons ici les résultats des tests exploratoires menés afin de combler au manque de réalisme et aux difficultés d'apprentissage de l'utilisation des manettes relevés lors du test de la première version de l'outil.

## 2 Application RV pour l'entraînement de l'asepsie

Pour la deuxième version de l'outil RV d'entraînement à l'asepsie, nous avons récréé une chambre de soins qui réplique celle du centre de simulation de la HEdS. Le degré de fidélité est très élevé (au centimètre près) afin d'améliorer le sentiment d'immersion et de permettre un mappage direct de la salle. De cette façon, nous avons pu tester une modalité d'interaction en virtualité augmentée [8], afin de pouvoir toucher des objets réels lors des déplacements dans la salle et des interactions avec l'environnement virtuel. Plusieurs modèles 3D ont été aussi mis en place pour les accessoires médicales (garrots, tubes Vacutainer®, tampons, aiguilles...) ainsi que pour le mobilier (charriot avec poubelles et désinfectant, boîte à gants...) et pour le patient (veine visible, simulation du saignement...). Le scénario agréé avec les professeurs de la HEdS et implémenté dans une application Oculus Quest 2 avec le logiciel Unity comprends 17 différentes étapes pour l'exécution correcte de la prise de sang. Plusieurs étapes sont dédiées à la désinfection des mains et à l'utilisation des gants pour éviter toute contamination.



**Fig. 1.** Environnement virtuel (à gauche dans chaque image) et environnement réel (à droite dans chaque image)

À chaque étape correcte, le système assigne des points. Des points additionnels sont assignés selon la rapidité de l'exécution du scénario, afin d'introduire un élément ultérieur de compétition entre les étudiants. La rapidité d'exécution a toutefois un poids inférieur sur le score final par rapport au respect de l'asepsie. Les points obtenus ainsi que le classement de chaque étudiant peuvent être visualisés dans une application web, accessibles aux étudiants et aux professeurs. L'application donne aussi un retour sur les performances avec mention particulière des erreurs effectuées lors du scénario de soin.

Un élément particulièrement important de l'application proposée est la possibilité de visualiser les contaminations sous forme de points colorés : violet si la source est le patient, par exemple quand l'infirmière touche le patient avec des gants et puis elle oublie de les jeter ; jaune si la source est l'infirmière, par exemple quand elle oublie de désinfecter les mains après être rentrée dans la salle. Les contaminations peuvent être visualisées pendant l'exécution du scénario (modalité facile) ou à la fin (difficile).

## 3 Tests préliminaires et résultats

**Méthodes.** Dans le test préliminaire de la deuxième version de l'application nous avons mené trois expériences, chacune visant à comparer différentes conditions d'immersion :

1. Modalité d'entrée (E) : suivi des mains (E\_M) VS manettes (contrôleurs) (E\_C)
2. Visualisation (V) des mains dans la condition (E\_C) : « Mains uniquement » (V\_M) VS « Mains et manettes » (V\_MC) (la condition « manettes uniquement » a été écartée car moins immersive, comme montré dans des études précédentes [9]).
3. Mappage de la salle (M) : Mappage Complet (M\_C) VS Mappage partiel (M\_P). Dans le premier cas il s'agit de mapper complètement la salle afin de permettre à l'étudiant d'aller chercher un objet dans une vraie armoire ; dans le deuxième il s'agit de mapper seulement le lit et le chariot et de mettre à disposition tous les objets dans le chariot, sans nécessité de marcher dans la salle. Cette deuxième configuration serait utile afin de permettre la simulation dans une autre salle qui n'a pas la même configuration que celle mappée dans l'application.

Le test a eu lieu à la HEdS, dans une salle identique à celle mappée dans l'application. 9 utilisateurs ont participé à ce test, six femmes. Sept d'entre eux sont étudiants en soins infirmiers, deux sont étudiants en informatique. Huit utilisateurs avaient entre 20 et 24 ans et le dernier avait 52 ans. Les participants ont indiqué être assez à l'aise avec les nouvelles technologies (3,33 / 5,00) mais pas très familiers avec la RV et le suivi des mains en RV (1,56 / 5,00).



**Fig. 2.** Test utilisateur. À droite, prise d'écran de la scène de désinfection des mains.

Chaque utilisateur a testé les trois expériences (E, V et M), et les deux conditions pour chaque expérience (6 conditions différentes en total). La durée du test était d'environ 30 minutes. À la fin de chaque expérience, les utilisateurs devaient répondre à des questionnaires. L'ordre des expériences et des conditions a été croisé afin d'éviter des effets d'apprentissage. Pour chacune des trois expériences nous avons posé le questionnaire Self-Assessment Manikin (SAM)[10], qui vise à déterminer le ressenti émotionnel des utilisateurs en termes d'activation physiologique (A), de valence (V) et de dominance (D), et le questionnaire Igroup Presence Questionnaire (IPQ)[11], qui mesure le sentiment d'immersion selon les axes de présence spatiale (SP), d'implication (INV) et de réalisme perçu (REAL). Pour l'expérience sur les modalités d'entrées (E), qui répliquait la plus part du scénario décrit dans la Section 2, nous avons également posé aussi le questionnaire System Usability Scale (SUS)[12]. Les autres deux expériences étant plus courtes, nous avons considéré ce questionnaire comme non nécessaire.

**Analyse.** Vu le nombre réduit de participant, les données récoltées avaient une distribution non-normale. Nous avons donc comparé les deux conditions de chaque expérience avec un test Wilcoxon signed-rank. Nous reportons donc la médiane des résultats à la place de la moyenne.

**Résultats.** Le tableau suivant reporte les résultats (médianes) des questionnaires pour chaque expérience.

		SAM	IPQ	SUS
<b>Modalité (E)</b>	<b>Mains (E_M)</b>	V: 8.00 A: 8.00 D: 7.00	SP: 2.20 INV: 1.25 REAL: 0.75	SUS: 82.50
	<b>Manettes (E_C)</b>	V: 7.00 A: 7.00 D: 8.00	SP: 2.40 INV: 1.25 REAL: 0.75	SUS: 85.00
<b>Visualisation (V)</b>	<b>Mains (V_M)</b>	V: 7.00 A: 7.00 D: 7.00	SP: 2.60 INV: 1.00 REAL: 0.25	
	<b>Mains et Manettes (V_MC)</b>	V: 7.00 A: 6.00 D: 6.00	SP: 2.00 INV: 1.00 REAL: 0.50	
<b>Mappage (M)</b>	<b>Partial (M_P)</b>	V: 7.00 A: 7.00 D: 6.00	SP: 2.00 INV: 0.75 <b>REAL: 0.25</b>	
	<b>Complet (M_C)</b>	V: 8.00 A: 8.00 D: 6.00	SP: 2.00 INV: 1.25 <b>REAL: 0.50</b>	

L'analyse des résultats de l'expérience sur la modalité d'entrée (E) nous montre qu'il n'y a pas de différences significatives pour ce qui concerne les sentiments ressentis, l'immersion et l'utilisabilité entre les deux conditions testées (avec suivi des mains (E\_M) ou avec les manettes de l'Oculus (E\_C)). En effet, si d'un côté l'utilisation des mains pour interagir semblerait à première vue plus naturelle et immersive par rapport aux manettes, de l'autre côté, l'utilisateur est obligé de garder une position parfois innaturelle avec ses mains, afin d'assurer un bon suivi par le casque. Le geste de pincement pour saisir un objet virtuel est naturel, mais la perte du suivi des mains risque de briser l'immersion. Cela peut arriver en cas d'occultation des mains, ou simplement quand elles se touchent, dans le cas où l'utilisateur tourne la tête et garde les mains devant lui, ou simplement pendant les déplacements, si le casque a de la peine à repérer les mains. Le suivi des manettes est beaucoup plus précis, sans risque d'occultation, et permet facilement de faire abstraction de l'outil avec moins de risque de briser l'immersion par des comportements innaturels des mains virtuelles. Certes, pour quelques personnes l'apprentissage de l'utilisation des manettes risque de constituer une barrière, comme nous l'avons remarqué avec un utilisateur qui était plus âgé que les autres. Dans ce cas l'interaction mains libres est largement préférable. Pour la suite du projet nous avons donc décidé de garder les deux modalités d'interaction : il suffit de poser les manettes pour passer à la modalité main libre. Nous faisons noter que le score SUS pour les des modalités s'approche de 85 points, qui est considéré comme « excellent » [13].

La deuxième expérience (V), comme la première, n'a pas fait relever des différences significatives entre les différentes visualisations des mains dans la modalité d'interaction avec manettes (E\_C). En effet, si la visualisation des mains seules (V\_M) pourrait

être plus immersive, pour les utilisateurs novices la possibilité de voir les manettes et le positionnement des boutons peut simplifier l'interaction. Comme pour l'expérience précédente, nous avons décidé de garder les deux modalités de visualisation.

L'expérience du mappage (M) a porté à des différences significatives entre les deux conditions. Les utilisateurs ont particulièrement apprécié la possibilité de marcher librement dans la salle (M\_C), ce qui a généré une plus grande activation émotionnelle (A) et des émotions plus positives (V). Le réalisme perçu dans le scénario avec mappage complet en a aussi bénéficié par rapport au mappage partiel ( $p=0.04$  avec le test Wilcoxon greater). Pour la suite, nous avons donc décidé d'abandonner l'idée de mapper seulement le lit et le chariot. De plus, pendant le test nous avons remarqué que des pertes de calibration de la salle pouvaient survenir. Dans le cas où la surface du chariot virtuel se trouve plus en bas par rapport à la surface du chariot réel, l'utilisateur pourrait se retrouver dans l'incapacité de récupérer les objets virtuels posés sur sa surface, car la surface réelle du chariot va empêcher physiquement le passage de ses mains ou des manettes. Cela peut affecter autant la condition de mappage complet que partiel. Afin d'éviter ce type de risque, nous avons décidé pour la suite du projet de ne pas mapper le chariot et le lit (qui ne devront pas se trouver donc dans la zone physique d'interaction), mais seulement les murs externes et les armoires. Finalement, pour permettre l'utilisation de l'application dans le cas où l'utilisateur se trouverait dans une salle différente de celle mappée, nous avons réintroduit la possibilité de se déplacer dans la pièce virtuelle par téléportation dans la version finale de l'application. Un nouveau test (par souci de brièveté non inclus dans cet article) a permis de valider le scénario final et de confirmer l'utilité de la plateforme de ludification et de retour sur les erreurs.

## 4 Conclusion

Dans cet article nous avons présenté une application de réalité virtuelle qui permet de simuler avec un haut degré d'immersion un scénario de prise de sang, avec la possibilité de visualiser les contaminations dues à des erreurs dans la désinfection et hygiène de mains. Nos premiers tests montrent que l'application est facile à utiliser et que les étudiants seraient motivés par la plateforme de ludification associée. L'étude menée avec le casque de réalité virtuelle Oculus Quest 2 montre que cet outil pourrait constituer un complément valide à la pratique dans le centre de simulation, à utiliser dans les salles de simulation en dehors des heures des cours ou même à domicile. Nous avons aussi montré que le mappage spatial d'une vraie salle dans l'environnement virtuel permet d'augmenter le niveau de réalisme perçu. Finalement, le suivi des mains introduit par le casque Oculus s'est avéré à présent pas assez robuste pour pouvoir être préféré aux manettes. Ceci est en accord avec les conclusions de [9].

Pour la suite de ce projet, afin de valider les bienfaits sur l'apprentissage des recommandations pour l'asepsie, nous mettrons à disposition d'un groupe d'étudiants des casques avec cette application et nous comparerons leurs acquis sur les bonnes pratiques pour l'asepsie avec ceux d'un groupe qui n'aura pas accès à cette application. De plus, d'autres scénarios pourraient être implémentés en plus de la prise de sang.

## Références

1. Makary, M.A., Daniel, M.: Medical error—the third leading cause of death in the US. *Bmj* 353, (2016)
2. 9 Most Common Medical errors. <https://www.beckershospitalreview.com/quality/9-most-common-medical-errors.html> (2014)
3. Organization, W.H.: Global guidelines for the prevention of surgical site infection. World Health Organization (2016)
4. Moline, J.: Virtual reality for health care: a survey. *Studies in health technology and informatics* 3-34 (1997)
5. Lelardeux, C.P., Galaup, M., Panzoli, D., Boudier, V., Lagarrigue, P.: 3D Virtual Operating Room: Un learning game multi-joueurs 3D temps réel pour former à la gestion des risques. In: *Jeux & Enjeux*. (2017)
6. Kreutzer, C., Marks, M., Bowers, C., Murphy, C.: Enhancing surgical team performance with game-based training. *Int. J. Serious Games* 3, 43-52 (2016)
7. Klinker, K., Fries, V., Wiesche, M., Krcmar, H.: CatCare: Designing a serious game to foster hand hygiene compliance in health care facilities. In: *Designing the Digital Transformation: DESRIST 2017 Research in Progress Proceedings of the 12th International Conference on Design Science Research in Information Systems and Technology*. Karlsruhe, Germany. 30 May-1 Jun., pp. 20-28. Karlsruher Institut für Technologie (KIT), (2017)
8. Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A., Kishino, F.: Augmented reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. In: *Telemanipulator and telepresence technologies*, pp. 282-292. International Society for Optics and Photonics, (1995)
9. Voigt-Antons, J.-N., Kojic, T., Ali, D., Möller, S.: Influence of hand tracking as a way of interaction in virtual reality on user experience. In: *2020 Twelfth International Conference on Quality of Multimedia Experience (QoMEX)*, pp. 1-4. IEEE, (2020)
10. Bynion, T.-M., Feldner, M.T.: Self-assessment manikin. *Encyclopedia of personality and individual differences* 1-3 (2017)
11. Schubert, T., Friedmann, F., Regenbrecht, H.: The experience of presence: Factor analytic insights. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments* 10, 266-281 (2001)
12. Lewis, J.R., Sauro, J.: The factor structure of the system usability scale. In: *International conference on human centered design*, pp. 94-103. Springer, (2009)
13. Bangor, A., Kortum, P., Miller, J.: Determining what individual SUS scores mean: Adding an adjective rating scale. *Journal of usability studies* 4, 114-123 (2009)