Favoriser la Réflexivité dans les Environnements d'Apprentissage en Réalité Virtuelle

Valentin Midez[1], Audrey Serna[1], Florent Diet[1], Victor Oliva Torres[1], and Élise Lavoué[1,2]

[1] INSA Lyon, CNRS, Université Claude Bernard Lyon 1, LIRIS, UMR5205, 69621 Villeurbanne, France
valentin.midez@insa-lyon.fr, audrey.serna@insa-lyon.fr
[2] Université Jean Moulin Lyon 3, iaelyon School of Management
elise.lavoue@univ-lyon3.fr

Abstract. Cet article décrit une étude sur l'impact de feedbacks immédiats sur l'apprentissage en chimie dans un environnement immersif de réalité virtuelle, impliquant 46 participants répartis en deux conditions (avec ou sans feedbacks immédiats). Les résultats montrent que les feedbacks immédiats n'augmentent pas la charge cognitive perçue, mais que leur effet sur les apprentissages dépend des tâches réalisées, selon qu'elles soient ponctuelles ou répétées. Ces observations mettent en évidence leur intérêt dans des scénarios répétitifs, tout en soulignant la nécessité d'une conception adaptée pour éviter des effets défavorables sur les apprentissages.

1 Problématique

La Réalité Virtuelle (RV) permet de créer des environnements immersifs favorisant l'apprentissage pratique en toute sécurité, notamment en chimie [2]. Elle permet de développer des compétences pratiques, mais peut restreindre la prise de recul des apprenants sur leurs activités [3]. Des travaux récents soulignent l'importance de soutenir la réflexivité des apprenants durant la réalisation des activités d'apprentissage. Dans cette optique, de premières études ont montré que l'ajout de feedbacks immédiats induit des résultats positifs sur l'engagement, la réflexion et les performances des apprenants [1,4].

Dans ce contexte, notre objectif est d'explorer comment l'intégration de feedbacks immédiats dans un environnement d'apprentissage en RV a une influence sur l'expérience d'apprentissage. Pour cela, nous posons deux questions de recherche : (QR1) les feedbacks immédiats influencent-ils les performances dans un environnement immersif ? (QR2) les feedbacks immédiats augmentent-ils la charge cognitive perçue ? Pour répondre à ces questions, nous avons analysé l'impact des feedbacks à la fois sur les performances (réponses attendues dans le scénario et actions réalisées pour chaque procédure du scénario) et sur la charge cognitive perçue par les apprenants.

2 Environnement VR et scénario d'apprentissage

Pour cette étude, nous nous intéressons à la formation en chimie dont une partie des compétences concerne la pratique d'expériences avec des procédures liées aux manipulations et les règles de sécurité en laboratoire. Les environnements en RV permettent de travailler ces compétences, notamment les gestes et des manipulations (par exemple, versement d'un liquide d'un bécher à un autre).

Le scénario d'apprentissage se déroulait dans un laboratoire de chimie virtuel développé sur Unity, et comprenait 2 manipulations portant sur des compétences élémentaires de chimie, à savoir l'identification du caractère acide ou basique d'une solution par mesure de pH. Chaque manipulation permet d'évaluer la mobilisation des connaissances et compétences au moyen de deux mesures : la pertinence des réponses fournies par les apprenants et la réalisation des procédures attendues.

- Manipulation 1 : identifier le pH de cinq solutions et les classer selon leur caractère (acide, basique, neutre).
- Manipulation 2 : réaliser une réaction acido-basique à l'aide de solution titrante et d'un indicateur coloré. Dans cette manipulation, les apprenants ont répété deux fois la même tâche avec une solution de départ différente.

3 Méthode

Nous avons mené une étude comparative auprès de 46 participants répartis en deux conditions expérimentales:

(1) Avec feedbacks immédiats, signalant chaque réponse ou action correcte ou incorrecte avec une indication visuelle et sonore (étoiles colorées ou grisées, barre de progression) ;

(2) Sans feedbacks immédiats.

Les feedbacks étaient déclenchés automatiquement lorsqu'une réponse était évaluée (ex. classification correcte d'une solution) ou lorsqu'une action était réalisée dans la procédure (ex. rinçage, ordre des étapes, utilisation de bandelette). Un retour visuel apparaissait sous forme d'étoiles colorées (si correct) ou grisées (si incorrect), accompagnées d'un son court, tandis que les procédures alimentaient une barre de progression (XP) en fonction de la complétion des étapes attendues. Ce design visait à soutenir la réflexivité en permettant une prise de conscience immédiate des actions correctes ou à corriger, conformément à la notion de réflexion-dans-l'action proposée par Schön [5].

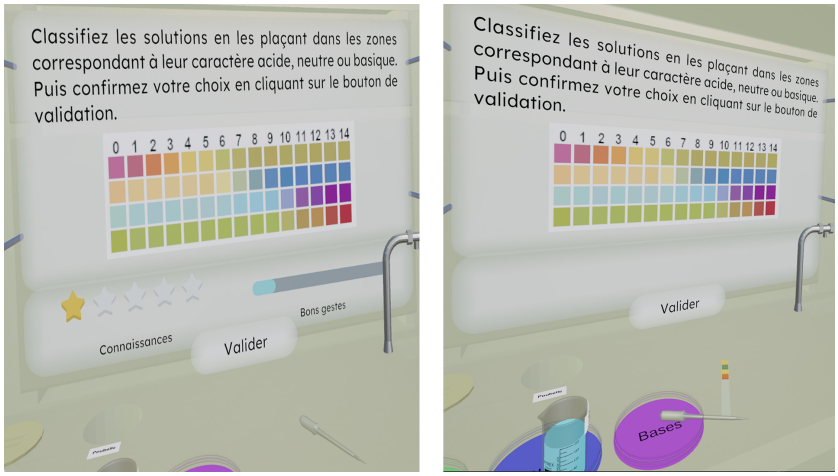

Fig. 1: Panneau de consignes pour chaque condition expérimentale : avec intégration des feedbacks immédiats à gauche (étoiles et barre d'XP) et sans feedbacks immédiats à droite.

Nous avons analysé les performances des participants en prenant en compte la justesse des réponses (ex. classification acide/basique) et la bonne réalisation de procédures comprenant différentes actions (respecter l'ordre pour le mélange, rincer la pipette, observer la zone de virage de la couleur du pH, être précis dans l'atteinte du pH, etc.). La charge cognitive perçue a été évaluée par le questionnaire NASA-TLX. Chaque session a duré en moyenne 25 minutes ; les participants étaient assignés aléatoirement à l'une des deux conditions.

4 Résultats et discussion

Concernant QR1, dans la première manipulation le groupe avec feedbacks immédiats a obtenu un score pour les réponses attendues significativement plus faible que le groupe contrôle, alors que dans la deuxième manipulation nous n'observons pas de différence significative entre les conditions. Cependant, l'analyse intra-groupe entre la tâche 1 et la tâche 2 révèle que, dans la condition avec feedbacks immédiats, le nombre de réponses correctes augmente significativement ($p = 0{,}03$; $d = 0{,}55$), ainsi que la précision de l'action " *être précis dans l'atteinte du pH* " ($p = 0{,}04$; $d = 0{,}48$).

Concernant QR2, l'analyse de la charge cognitive a été perçue de manière similaire entre les deux conditions (pas de différence significative). L'ajout de feedbacks immédiats dans l'environnement n'a pas augmenté la charge cognitive ($p = 0{,}73$).

Ces résultats montrent que l'effet des feedbacks, tels que conçus dans cette étude, dépend de la nature des tâches composant l'activité, sans pour autant

augmenter la charge cognitive perçue. Dans le cas de tâches ponctuelles, les feedbacks immédiats semblent nuire aux réponses attendues. En revanche, pour des tâches répétées, les feedbacks immédiats améliorent à la fois les réponses correctes et la réalisations des procédures. Ainsi, l'intégration de feedbacks immédiats dans les environnements immersifs semblent pouvoir soutenir l'apprentissage, à condition qu'ils soient adaptés au scénario pédagogique, notamment dans des contextes où les tâches nécessitent des itérations et une progression par ajustements. Ces observations soulignent l'importance de concevoir les feedbacks en fonction du type de tâche à réaliser. Les feedbacks immédiats, lorsqu'ils sont correctement conçus, peuvent soutenir la réflexivité en permettant aux apprenants d'ajuster leurs actions en temps réel. Toutefois, dans des tâches ponctuelles, leur complexité ou leur présence peuvent détourner l'attention et altérer la performance immédiate, ce qui rappelle la nécessité d'un design pédagogique prudent. Ces observations renforcent l'idée que le feedback immédiat, lorsqu'il est intégré dans des tâches itératives, peut soutenir la réflexivité en facilitant l'ajustement progressif de l'action. A partir de ces premiers résultats, des recherches complémentaires devraient être menées auprès d'échantillons plus larges et plus variés. Il serait intéressant également d'étudier l'impact de la répétition des tâches et le rôle des feedbacks dans la rétention des connaissances à long terme.

Remerciements Ce travail a été réalisé dans le cadre du projet ANR-22-CE38-0008 RENFORCE et a reçu le soutien financier du labex ASLAN.

References

1. Almousa, O., Prates, J., Yeslam, N., Mac Gregor, D., Zhang, J., Phan, V., Nielsen, M., Smith, R., Qayumi, K.: Virtual Reality Simulation Technology for Cardiopulmonary Resuscitation Training: An Innovative Hybrid System With Haptic Feedback. Simulation & Gaming **50**(1), 6–22 (Feb 2019). https://doi.org/10.1177/1046878118820905
2. Checa, D., Bustillo, A.: A review of immersive virtual reality serious games to enhance learning and training. Multimedia Tools and Applications **79**(9), 5501–5527 (Mar 2020). https://doi.org/10.1007/s11042-019-08348-9
3. Jiang, J., Ahmadpour, N.: Beyond Immersion: Designing for Reflection in Virtual Reality. In: Proceedings of the 33rd Australian Conference on Human-Computer Interaction. pp. 208–220. OzCHI '21, Association for Computing Machinery, New York, NY, USA (Sep 2022). https://doi.org/10.1145/3520495.3520501
4. Lee, L.K., Wei, X., Chui, K.T., Cheung, S.K.S., Wang, F.L., Fung, Y.C., Lu, A., Hui, Y.K., Hao, T., U, L.H., Wu, N.I.: A Systematic Review of the Design of Serious Games for Innovative Learning: Augmented Reality, Virtual Reality, or Mixed Reality? Electronics **13**(5), 890 (2024). https://doi.org/10.3390/electronics13050890
5. Schon, D.A., DeSanctis, V.: The Reflective Practitioner: How Professionals Think in Action. The Journal of Continuing Higher Education **34**(3), 29–30 (Jul 1986). https://doi.org/10.1080/07377366.1986.10401080