



Contribution à l'étude des facteurs influençant le sentiment d'incarnation envers un avatar en réalité virtuelle

Rebecca Fribourg¹

Rebecca Fribourg a soutenu sa thèse² le 04 novembre 2020 opérée à l'université Rennes 1 au sein des instituts Inria et Irisa sous la direction d'Anatole Lécuyer, de Ferran Argelaguet et Ludovic Hoyet. Vous trouverez ci-dessous un résumé de cette thèse.

Ma thèse s'inscrit dans le domaine de la réalité virtuelle (RV) et plus précisément des « avatars », c'est-à-dire la représentation numérique des utilisateurs dans les environnements virtuels. Dans ce contexte, les défis consistent à développer de nouvelles approches permettant de prendre en compte à la fois les aspects technologiques (dispositifs, algorithmes, complexités) et cognitifs (psychologie, perception, etc.) pour permettre à l'utilisateur d'exploiter pleinement les nouvelles possibilités proposées par les avatars en réalité virtuelle. Par conséquent, il est aujourd'hui nécessaire de mieux comprendre les processus qui définissent comment les utilisateurs perçoivent leur avatar et interagissent à travers lui. Comprendre et identifier les facteurs qui impactent le sentiment d'incarnation d'un utilisateur envers son avatar est donc un réel challenge, et j'ai choisi de l'explorer dans le cadre de mon doctorat. Dans ce travail, nous avons défini trois axes de recherche pour explorer l'influence de plusieurs facteurs sur le sentiment d'incarnation (SI), en nous basant sur une catégorisation qui

1. rebecca.fribourg@ec-nantes.fr.

2. <http://www.theses.fr/2020REN1S052>.

ne prend pas seulement en compte les facteurs liés à l'avatar, mais aussi les facteurs liés à l'environnement virtuel et à l'utilisateur.

Influence des facteurs liés à l'environnement virtuel

Les environnements virtuels (EVs) peuvent être caractérisés par une multitude de facettes, telles que leur style de rendu ou leur réalisme, leur degré d'interactivité et la quantité de retours sensoriels qu'ils fournissent. Les caractéristiques des EVs sont connues pour influencer les expériences de RV des utilisateurs et, plus précisément, pour influencer le sentiment de présence des utilisateurs, un autre *quale* qui fait référence au « sentiment d'être dans le monde virtuel » [12]. Cependant, l'impact des caractéristiques de l'environnement virtuel sur le SI reste rarement étudié. En particulier, nous avons identifié deux aspects de l'EV susceptibles d'influencer le SI : la dimension sociale de l'EV (c'est-à-dire la présence d'autres utilisateurs partageant le même EV) et l'introduction de menaces envers l'avatar dans l'EV.

Environnements virtuels partagés

De plus en plus d'expériences de RV partagée de haute qualité sont maintenant proposées par les développeurs de RV. Ces configurations permettent à plusieurs utilisateurs d'être immergés dans le même environnement virtuel sans nécessairement être physiquement au même endroit. Ils ont également la possibilité d'interagir simultanément les uns avec les autres et avec l'EV. Ces progrès ont revigoré les intérêts de la recherche dans les EV partagés [1, 10, 13]. Afin d'évaluer l'effet de ces EV partagés sur l'expérience des utilisateurs, le sentiment de présence a fait l'objet d'une étude approfondie. Il a été démontré que le fait de voir d'autres utilisateurs dans l'environnement virtuel pouvait être considéré comme une preuve de sa propre existence dans l'environnement virtuel et pouvait accroître le sentiment de présence. Cependant, alors que le sentiment de présence a été étudié dans les EV partagés, les études du SI semblaient alors se concentrer uniquement sur les expériences à utilisateur unique. Il n'était donc pas encore très bien connu en quoi le partage d'expériences virtuelles avec un autre utilisateur incarné dans un avatar pourrait influencer son propre SI. Nous avons par conséquent décidé d'explorer cette question.

À cette fin, nous avons étudié en premier lieu l'influence des environnements virtuels partagés sur le SI, dans une étude [5] où les utilisateurs accomplissaient ensemble une tâche dans le même environnement virtuel. J'ai conçu un système d'immersion permettant l'interaction collective de deux utilisateurs incarnés chacun dans un avatar et j'ai ensuite évalué ce système en mesurant le SI respectif des utilisateurs envers leur avatar. Grâce à cette étude, il a pu être montré que partager l'environnement virtuel EV avec quelqu'un d'autre ne détériorait pas son propre sentiment d'incarnation SI, ce qui est une bonne chose pour toutes les applications de RV impliquant des avatars.



FIGURE 1. Expérience étudiant l'influence du partage de l'EV sur le SI [5]. Les utilisateurs étaient immergés successivement seuls, seuls en face d'un miroir, puis à deux dans l'EV, avec un ordre variable.

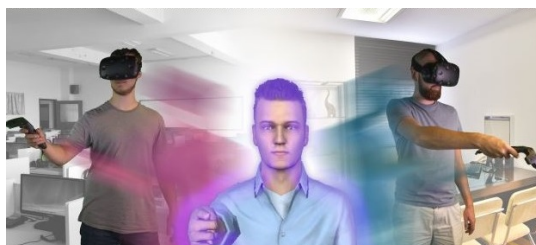


FIGURE 2. Illustration de l'expérience explorant le sentiment de contrôle envers un avatar partagé entre deux utilisateurs [8]. La position et orientation du bras droit de l'avatar correspond à la moyenne pondérée entre la position et orientation des bras des deux utilisateurs, avec un niveau de partage variable.

Dans une autre étude [8] menée avec Nami Ogawa une doctorante de l'université de Tokyo en visite au laboratoire, nous avons exploré plus avant le contexte de l'environnement virtuel partagé en étudiant l'influence du partage d'un avatar virtuel avec un autre utilisateur. Plus précisément, nous nous sommes intéressés au partage du contrôle de l'avatar, et à la manière dont le poids de contrôle partagé (qui était modulé) influençait le sentiment d'agentivité et les actions motrices des utilisateurs. Nous avons montré que deux utilisateurs pouvaient encore ressentir un sentiment de contrôle envers un avatar dont ils partagent le contrôle, ce qui est très prometteur pour de potentielles futures applications de rééducation motrice ou de formation à des gestes techniques. En effet, on peut imaginer un scénario où un patient et médecin pourraient partager un même avatar avec le médecin contrôlant le corps virtuel, encourageant la sensation de mouvement chez le patient.



FIGURE 3. Illustration de l'expérience étudiant l'influence d'un danger virtuel sur le SI [7]. Les utilisateurs étaient amenés à placer une pièce métallique sous une presse qui se déclenchait parfois sur leur bras virtuel.

Menaces dans les EVs

Une autre caractéristique des EVs largement exploitée est leur capacité à transmettre aux utilisateurs un large éventail d'émotions. Pour cette raison, la RV est devenue particulièrement attrayante pour différents domaines de recherche où il est crucial que l'environnement virtuel réussisse à induire des réactions émotionnelles. Cela implique des recherches explorant les réactions émotionnelles des utilisateurs en RV [4] ainsi que des travaux étudiant l'utilisation des menaces virtuelles dans la thérapie d'exposition basée RV pour traiter les phobies [15, 14]. Un autre domaine de recherche qui nous intéresse plus spécifiquement dans ce travail, est l'étude de l'incarnation d'avatars virtuels, où l'introduction d'une menace est fréquemment utilisée pour évaluer le SI des utilisateurs envers leur avatar. Plus précisément, plusieurs études ont montré avec succès que le SI était corrélé à la réaction à une menace virtuelle envers le corps virtuel [17], validant l'hypothèse selon laquelle si les utilisateurs sont bien incarnés dans l'avatar virtuel, ils réagiront physiquement à une menace virtuelle envers leur corps virtuel. Néanmoins, si l'introduction d'une menace virtuelle dans les études d'incarnation virtuelle est largement utilisée, aucune recherche n'a spécifiquement évalué l'impact de la menace virtuelle sur le SI. En d'autres termes, le SI est-il modulé par l'occurrence d'une menace ?

Dans ce contexte, nous avons réalisé une étude [7] qui explore l'impact potentiel de l'introduction d'une menace sur le SI et ne considère donc pas l'introduction d'une menace uniquement comme une mesure, mais comme un facteur susceptible d'affecter le SI. Cette étude explore également l'impact peu connu des répétitions de menaces sur la réaction aux menaces et sur le SI. Nous avons montré que ce type de mesure n'avait pas d'influence sur le sentiment d'incarnation, malgré l'impact potentiel sur l'état émotionnel de l'utilisateur, et qu'elle pouvait donc être utilisée sans risque dans les études sur le SI.



FIGURE 4. Différentes tâches à réaliser dans l'étude explorant l'interrelation des facteurs influençant le sentiment d'incarnation [6].

Influence des facteurs liés aux caractéristiques de l'avatar

Dans une seconde partie, nous avons exploré les interrelations entre les facteurs liés aux avatars qui influencent le SI. Les études explorant l'influence de certains facteurs sur le SI se concentrent généralement sur un facteur à la fois et mesurent son influence sur le SI. Les méthodes utilisées jusqu'alors pour étudier l'influence des caractéristiques des avatars sur la façon dont ces derniers sont perçus par les utilisateurs ne permettaient pas de savoir si certaines caractéristiques étaient plus importantes que d'autres dans la préférence des utilisateurs. L'évaluation des interrelations est difficile en termes de protocole expérimental en raison des nombreuses combinaisons possibles de facteurs. Pour cette raison, nous étions intéressés dans cette thèse à explorer de nouvelles façons d'évaluer le SI des utilisateurs, et plus spécifiquement d'une manière qui permettrait l'étude des interrelations au sein des facteurs. Nous avons pour cela proposé une méthode innovante [6] pour mesurer l'appréciation des avatars par les utilisateurs qui nous a permis, par exemple, de constater que l'apparence de l'avatar était moins importante que la fidélité et la performance de son contrôle, et que, par conséquent, les designers d'avatars tous domaines confondus gagneraient à allouer leurs moyens dans l'amélioration de cette caractéristique. Nous avons également montré que le type de tâche à effectuer avait un impact sur la préférence des utilisateurs, et devrait donc être pris en compte dans la conception d'avatars en RV.

Influence des facteurs liés à la personnalité des utilisateurs

Si la plupart des études sur l'incarnation d'avatar ont pu montrer des tendances générales concernant la façon dont les facteurs « externes » semblent influencer le SI, elles n'ont pas pris en compte l'aspect « interne » de l'utilisateur (par exemple, la personnalité ou les expériences personnelles). Toutefois, la variabilité entre utilisateurs reste non négligeable. En pratique, on constate que certains croient facilement à l'illusion de l'incarnation virtuelle, alors que d'autres sont au contraire totalement réfractaires. Les premières recherches sur le lien entre les traits de personnalité et

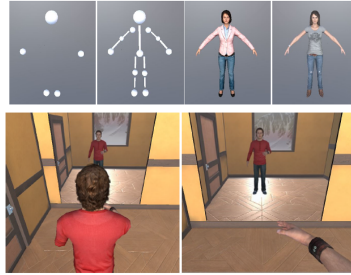


FIGURE 5. Différents niveaux d'apparence (haut) et de point de vue envers l'avatar (bas) dans l'étude explorant l'interrelation des facteurs influençant le sentiment d'incarnation [6].

la perception des expériences de RV se sont concentrées sur le sentiment de présence [16]. Plus récemment, certains travaux ont exploré le lien entre les différences individuelles des utilisateurs et le SI. Par exemple, la conscience du corps [2] et les traits de personnalité [9] ont été étudiés en relation avec le SI. Dans ce dernier cas, les auteurs de [9] ont montré que le sentiment d'agentivité était corrélé au locus de contrôle, un autre trait de personnalité. Cependant, à part les travaux de [9], la majorité des travaux traitant de ces facteurs internes se sont principalement concentrés sur le SI des utilisateurs dans le monde physique. C'est pourquoi nous avons souhaité étudier plus en profondeur l'influence d'un plus large éventail de traits de personnalité et de la conscience du corps sur le SI en RV. Dans un troisième temps, nous avons donc cherché à enrichir les connaissances globales concernant les facteurs influençant le SI en nous concentrant sur les différences individuelles entre les utilisateurs. Nous avons par conséquent exploré l'influence potentielle des traits de personnalité et de la conscience corporelle sur le SI. Cette étude [3], réalisée avec une autre chercheuse (Diane Dewez) a permis d'approfondir les liens entre la personnalité et la perception d'un avatar, ce qui est engageant pour de futures recherches s'intéressant à l'impact des différences individuelles sur la perception d'avatar.

Références

- [1] C. Brown, G. Bhutra, M. Suhail, Q. Xu, and E. D. Ragan. Coordinating attention and cooperation in multi-user virtual reality narratives. In *IEEE Virtual Reality*, pages 377–378, 2017.
- [2] N. David, F. Fiori, and S. M. Aglioti. Susceptibility to the rubber hand illusion does not tell the whole body-awareness story. *Cognitive, affective and behavioral neuroscience*, 141 :297–306, 2014.
- [3] D. Dewez, R. Fribourg, F. Argelaguet, L. Hoyet, D. Mestre, M. Slater, and A. Lécuyer. Influence of personality traits and body awareness on the sense of embodiment in virtual reality. In *2019 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR)*, pages 123–134, Oct 2019.

- [4] J. Diemer, G. W. Alpers, H. M. Peperkorn, Y. Shibana, and A. Mühlberger. The impact of perception and presence on emotional reactions : a review of research in virtual reality. *Frontiers in Psychology*, 6 :26, 2015.
- [5] R. Fribourg, F. Argelaguet, L. Hoyet, and A. Lécuyer. Studying the sense of embodiment in vr shared experiences. In *2018 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*, pages 273–280. IEEE, 2018.
- [6] R. Fribourg, F. Argelaguet, A. Lécuyer, and L. Hoyet. Avatar and sense of embodiment : Studying the relative preference between appearance, control and point of view. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 26(5) :2062–2072, 2020.
- [7] R. Fribourg, E. Blanpied, L. Hoyet, A. Lécuyer, and F. A. Sanz. Influence of threat occurrence and repeatability on the sense of embodiment and threat response in vr. In *International Conference on Artificial Reality and Telexistence & Eurographics Symposium on Virtual Environments (ISMAR)*, page 9p, 2020.
- [8] R. Fribourg, N. Ogawa, L. Hoyet, F. Argelaguet, T. Narumi, M. Hirose, and A. Lécuyer. Virtual co-embodiment : evaluation of the sense of agency while sharing the control of a virtual body among two individuals. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 2020.
- [9] C. Jeunet, L. Albert, F. Argelaguet, and A. Lécuyer. ” Do you feel in control? ” : Towards Novel Approaches to Characterise, Manipulate and Measure the Sense of Agency in Virtual Environments. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 24(4) :1486–1495, 2018.
- [10] V. Kuszter, G. Brunnett, and D. Pietschmann. Exploring stereoscopic multi-user interaction with individual views. In *Int. Conference on Cyberworlds*, pages 101–106, 2014.
- [11] A. Sacau, J. Laarni, N. Ravaja, and T. Hartmann. The impact of personality factors on the experience of spatial presence. *Presence*, 2005.
- [12] M. J. Schuemie, P. van der Straaten, M. Krijn, and C. A. van der Mast. Research on presence in virtual reality : A survey. *CyberPsychology & Behavior*, 4(2) :183–201, 2001. PMID : 11710246.
- [13] S. Sharma and W. Chen. Multi-user vr classroom with 3d interaction and real-time motion detection. In *2014 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence*, volume 2, pages 187–192, 2014.
- [14] N. Tardif, C.-t. Therrien, and S. Bouchard. Re-examining psychological mechanisms underlying virtual reality-based exposure for spider phobia. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 22(1) :39–45, 2019. PMID : 30256675.
- [15] J. Wald. Efficacy of virtual reality exposure therapy for driving phobia : A multiple baseline across-subjects design. *Behavior Therapy*, 35(3) :621 – 635, 2004.
- [16] H. S. Wallach, M. P. Safir, and R. Samana. Personality variables and presence. *Virtual Reality*, 14(1) :3–13, 2010.
- [17] Y. Yuan and A. Steed. Is the rubber hand illusion induced by immersive virtual reality? In *2010 IEEE Virtual Reality Conference (VR)*, pages 95–102, March 2010.