



**HAL**  
open science

## **Fidélité de l'avatar du partenaire distant dans un environnement virtuel immersif: effets sur les interactions spatiales**

Guillaume Gamelin, Amine Chellali, Cédric Dumas, Samir Otmane

### ► To cite this version:

Guillaume Gamelin, Amine Chellali, Cédric Dumas, Samir Otmane. Fidélité de l'avatar du partenaire distant dans un environnement virtuel immersif: effets sur les interactions spatiales. 30eme conférence francophone sur l'interaction homme-machine, Oct 2018, Brest, France. pp.227-233, 10.1145/3286689.3286708 . hal-01899223

**HAL Id: hal-01899223**

**<https://hal.science/hal-01899223v1>**

Submitted on 19 Oct 2018

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

---

# Fidélité de l'avatar du partenaire distant dans un environnement virtuel immersif : effets sur les interactions spatiales

**Guillaume Gamelin**

Laboratoire IBISC, Univ Evry –  
Université Paris Saclay  
91020, Evry, France  
guillaume.gamelin@outlook.fr

**Samir Otmane**

Laboratoire IBISC, Univ Evry –  
Université Paris Saclay  
91020, Evry, France  
samir.otmane@univ-evry.fr

**Amine Chellali**

Laboratoire IBISC, Univ Evry –  
Université Paris Saclay  
91020, Evry, France  
Amine.chellali@univ-evry.fr

**Cedric Dumas**

LS2N, IMT Atlantique  
44300, Nantes, France  
cedric.dumas@imt-atlantique.fr

**Abstract**

Collaborative Virtual Environments (CVEs) are systems that allow multiple participants located remotely to collaborate in a shared virtual space. In order to take advantage of the possibilities offered by such systems, their design must allow users to interact and communicate effectively. One of the open questions in this area concerns the fidelity of the remote partner's avatar. This can indeed have a direct effect on communication between remote users, more particularly regarding spatial interactions. In this paper, we present a theoretical framework to analyze the fidelity of the remote partner's avatar in CVE. We also present an ongoing study to compare the effects of two partner's avatar types on spatial communication. This will permit extracting guidelines for designing CVEs including pointing and spatial guidance tasks.

**CSS concepts**

**Human-centered computing** → Collaborative and social computing → *Collaborative and social computing devices*

**Author Keywords**

Collaborative virtual environments, spatial interaction, avatar fidelity.

## Résumé

Les environnements virtuels collaboratifs (EVC) permettent à plusieurs utilisateurs distants de collaborer dans un espace virtuel partagé. Pour tirer parti des possibilités offertes par les EVC, leur conception doit permettre aux utilisateurs d'interagir et de communiquer efficacement. Une des questions ouvertes dans ce domaine concerne la fidélité de l'avatar du partenaire distant. En effet, celle-ci peut avoir une influence directe sur la communication entre utilisateurs distants et plus particulièrement sur leurs interactions spatiales. Dans ce papier, nous présentons un cadre théorique pour analyser la fidélité de l'avatar du partenaire dans un EVC. Nous présentons également une étude expérimentale en cours pour étudier les effets de deux types d'avatars du partenaire sur la communication spatiale dans un EVC. Cette recherche permettra d'extraire des lignes directrices pour la conception des EVC supportant des tâches de pointage et de guidage spatial.

## Mots Clés

Environnement virtuel collaboratif, interaction spatiale, fidélité des avatars.

## Introduction

Les environnements virtuels collaboratifs (EVC) sont des systèmes permettant à plusieurs utilisateurs distants de collaborer dans un espace virtuel partagé [3]. Ils sont utilisés dans différents domaines d'application tels que l'industrie, le divertissement ou la formation professionnelle. Ces systèmes doivent supporter certaines fonctionnalités telles qu'une communication multimodale et des indices sur l'activité des partenaires afin d'améliorer le sens de coprésence entre les membres de l'équipe et d'assurer ainsi une interaction collaborative efficace [2].

Dans ce contexte, une des questions de recherche ouvertes lors de la conception de tels systèmes est la façon dont les partenaires distants sont représentés dans l'EVC [15]. Dans ce papier, nous nous intéressons plus particulièrement aux effets que peut avoir la fidélité de cette représentation visuelle sur les interactions spatiales dans un EVC immersif. En effet, dans la vie de tous les jours, un opérateur se sert de différentes parties de son corps pour communiquer des informations spatiales à ces partenaires (ex. désigner un objet d'intérêt avec son doigt). Il se sert également de sa connaissance de la position de ses partenaires pour adapter son discours (ex. leur décrire la position relative d'un objet par rapport à leur point de vue). Ainsi, la fidélité de la représentation visuelle du corps d'un utilisateur dans l'EV peut avoir une influence sur la communication spatiale entre les partenaires et ainsi sur l'efficacité de leur collaboration [16]. L'objectif de ce travail est de proposer un cadre théorique pour analyser la fidélité de la représentation visuelle du partenaire et de s'en servir pour caractériser deux types d'avatars utilisés dans la littérature. A partir de cette base, nous décrivons une étude expérimentale en cours afin de comparer les deux types de représentations et leurs effets sur la communication spatiale.

## Etat de l'art

### *Les avatars dans les EVC*

La représentation de l'utilisateur est un problème fondamental dans les EV immersifs, et est généralement réalisée en utilisant un avatar : une représentation visuelle de l'utilisateur [1]. Les avatars permettent d'avoir une relation directe entre le mouvement naturel d'un utilisateur et l'animation de sa représentation 3D. Cette animation est généralement réalisée à travers des capteurs de mouvements. L'importance de la perception de son corps dans les EV immersifs a été étudiée depuis un certain temps



Figure 1: Les deux types d'avatars comparés : (haut) avatar en nuage de points (bas) avatar préconstruit

avec des résultats suggérant une forte corrélation entre le sentiment de présence et le degré d'association de l'utilisateur avec son corps virtuel (sens d'incarnation) [9]. Dans les EVC, la perception du corps du partenaire est encore plus importante, car elle donne des informations cruciales sur l'activité des partenaires telles que leur position, identité, objets d'intérêt, gestes, et actions [16].

Plusieurs recherches ont investigué les effets de la présence et de la forme de l'avatar du partenaire dans un EVC. L'étude de Fribourg et al. montre que le fait d'être immergé avec l'avatar d'une autre personne peut améliorer la performance et l'engagement de la tâche d'un utilisateur dans un EVC [5]. L'étude de Garau et al. montre des effets positifs du réalisme visuel et comportemental de l'avatar sur la qualité perçue de la communication dans un EVC immersif [6]. L'étude de Cowell et al. indique qu'un effort sur la représentation des indices non verbaux de la communication accroît le sentiment de confiance [4]. De leur côté, Steptoe et al. montrent que l'ajout du comportement oculaire sur l'avatar à travers le suivi du regard permet d'améliorer les interactions sociales [16]. L'étude de Latoschik et al. montre un effet positif du réalisme visuel de l'avatar de l'autre (avatar abstrait Vs avatar photo-réaliste préconstruit) sur la perception de soi dans l'EV [10]. Enfin, L'étude de Roth et al. montre que les utilisateurs compensent l'absence des comportements non verbaux lors de l'utilisation d'avatars non visuellement réalistes pour améliorer leurs interactions sociales [14].

La revue précédente suggère l'existence d'un effet positif de la fidélité de l'avatar sur les interactions sociales dans les EVC. Cependant, il n'existe actuellement pas de base commune permettant de caractériser cette notion de fidélité visuelle de l'avatar (plusieurs études utilisent plutôt le terme réalisme) et ses composantes. De plus, l'impact de cette

fidélité de la représentation visuelle sur la communication spatiale n'a, à notre connaissance, pas encore été systématiquement étudiée.

#### *La Communication spatiale dans les EVC*

Dans la vie de tous les jours, les interactions spatiales entre opérateurs sont régies par la perception de ces derniers de l'espace qui les entoure incluant les objets et les partenaires. Un opérateur s'appuie sur cette information pour communiquer des données spatiales à ses partenaires [2]. La description de la position d'un objet dépend par exemple de différents paramètres tels que la position relative de cet objet par rapport à l'environnement ou par rapport à la position et au point de vue du locuteur et de l'auditeur. De plus, le locuteur peut lorsque c'est possible, appuyer cette description par des gestes de désignation (pointage).

Ce type d'interactions devient difficile à réaliser dans les EVC. En effet, ces derniers changent la perception des utilisateurs de leur espace environnant et n'intègrent souvent que très peu d'indices sur l'activité du partenaire [2]. Cela entraîne certains problèmes de communication lorsque deux partenaires collaborent pour réaliser une tâche spatiale. Le pointage des objets peut par exemple devenir compliqué à réaliser et la perception du point de vue de l'autre difficile à suivre en fonction de la fidélité de reproduction des mouvements des utilisateurs. Ceci pointe l'importance de concevoir l'avatar du partenaire avec un degré de fidélité approprié afin de donner les indices nécessaires à l'orateur. Ceci permettrait de réduire les problèmes de communication spatiale. Plusieurs recherches ont étudié la communication spatiale dans les EVC [2, 8, 13]. Au lieu d'utiliser des avatars, ces études ont privilégié l'utilisation de métaphores d'interaction afin d'améliorer la communication spatiale. Les récents développements des technologies de la réalité



Figure 2: plateforme expérimentale utilisée (haut) un utilisateur immergé dans l'EV à travers un casque de réalité virtuelle (bas) un utilisateur immergé dans l'EV à travers un cube immersif.

virtuelle immersive et la réduction de leur coût offrent des possibilités nouvelles pour inclure des avatars avec des niveaux de fidélité plus adaptés. Notre objectif est d'explorer ces approches d'une manière systématique.

### Cadre théorique pour analyser la fidélité visuelle de l'avatar du partenaire

Afin de comparer différentes représentations visuelles du partenaire distant, nous proposons de classifier les avatars de l'autre dans les EVC selon le prisme de la fidélité visuelle. La fidélité est définie ici comme étant "le degré objectif d'exactitude avec lequel les expériences du monde réel sont reproduites dans le monde virtuel" [7].

A travers notre revue de la littérature nous avons identifié trois composantes principales pour caractériser la fidélité visuelle de l'avatar du partenaire :

- La fidélité de la forme visuelle : définie comme étant *le respect de la forme de l'utilisateur représenté par l'avatar*. Cette composante peut elle-même être décomposée en deux parties interdépendantes : (1) la fidélité morphologique qui décrit le choix d'une morphologie adaptée à l'entité représentée (humanoïde, robotique, animale, ...) et (2) l'adéquation de l'avatar avec la morphologie désirée qui décrit à quel point la représentation se rapproche de l'archétype de l'entité représentée (ex. avatar photo réaliste vs abstrait). Ici nous allons nous restreindre à la morphologie humaine (anthropomorphisme). L'adéquation de l'avatar avec cette morphologie décrit donc à quel point l'avatar se rapproche visuellement de l'archétype d'un humain.
- La fidélité de l'identité : définie à *quel point l'identité du partenaire distant représenté par l'avatar est*

*reconnaisable par l'utilisateur* (visage, taille, vêtements, accessoires, ...). Ceci permet de définir à quel point un avatar se rapproche visuellement d'une personne en particulier.

- La fidélité cinématique : définie *la fidélité de reproduction des mouvements de l'utilisateur par son avatar*. Cette composante décrit à quel point les différents mouvements de tous les éléments visibles du corps du partenaire (bras, jambes, doigts, tête, yeux, ...) sont reproduits fidèlement par l'avatar.

Ce cadre théorique sert à analyser le degré de fidélité d'une représentation donnée du partenaire à travers les différentes composantes. Combiné avec une analyse de l'activité collaborative à simuler et ses contraintes, ce cadre permettra de choisir les composantes nécessaires de la fidélité pour améliorer la réalisation des tâches collaboratives de cette activité dans l'EVC.

### Cas d'étude

Pour illustrer l'utilisation du cadre théorique décrit plus haut, nous proposons de réaliser une étude expérimentale à travers laquelle deux types de représentations du partenaire distant dans un EVC sont analysés puis comparés :

#### Type 1 : nuage de points construit en temps réel

Cette représentation se base sur une métaphore en virtualité augmentée [11] qui permet d'intégrer la vidéo l'utilisateur distant comme un nuage de points 3D dans l'EV (Figure 1). Ceci est réalisé à l'aide d'un capteur de profondeur. Cette forme se rapproche d'une communication en visioconférence. Cependant, elle offre l'avantage de localiser correctement le partenaire dans l'EVC en mixant sa représentation vidéo 3D (sans le monde réel qu'il l'entoure) avec l'EV.

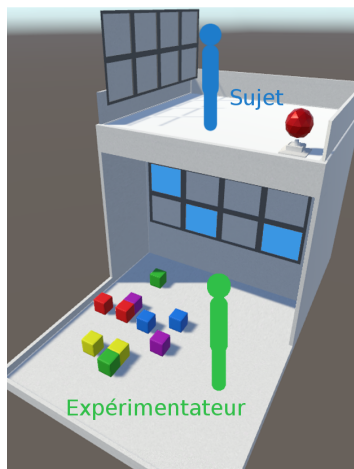


Figure 3: Environnement virtuel collaboratif. Il consiste en deux zones chacune occupée par un utilisateur. L'expérimentateur (en vert) est entouré de plusieurs objets de la même couleur. Le participant (en bleu), devra guider l'expérimentateur vers un de ces objets (indiqué par le système). Ensuite, l'expérimentateur devra pointer avec la main une des cases affichées sur le tableau en face de lui et le sujet devra alors sélectionner les cases correspondantes sur son tableau.

#### Type 2 : avatar 3D préconstruit et animé en temps réel

Dans cette représentation, un avatar 3D incluant des textures photo-réalistes de l'utilisateur distant est intégré à l'EV (Figure 2). L'avatar est construit en amont, à travers un logiciel de modélisation 3D (MakeHuman). Les textures du visage sont scannées à l'aide d'un capteur de profondeur et plaquées sur l'avatar 3D. Pendant son utilisation, l'avatar est animé en temps réel par un capteur de profondeur en capturant les mouvements de l'utilisateur à travers 20 points clés et en les appliquant ensuite à un squelette qui sert à animer l'avatar préconstruit.

#### Analyse de la fidélité des deux type d'avatars

Les deux types d'avatars présentent une fidélité morphologique élevée car tous deux photo-réalistes et anthropomorphes. L'adéquation de la représentation en nuage de points avec la morphologie humaine est néanmoins moins fidèle. En effet, contrairement à l'avatar préconstruit, certains points représentant les contours du corps de l'utilisateur peuvent ne pas être visibles à un instant donné. D'un autre côté, les deux types d'avatars ont une fidélité d'identité élevée et équivalente car ils représentent le même utilisateur (avec les mêmes vêtements et accessoires). Enfin, la représentation en nuage de points présente une fidélité cinématique plus élevée. En effet, elle permet de capturer les mouvements de l'utilisateur à travers un nombre illimité de points pendant que seuls 20 points clés du squelette de l'utilisateur sont utilisés pour animer l'avatar préconstruit. Par exemple, le pointage avec un doigt n'est visible que dans la représentation en nuage de points. Il est donc intéressant d'étudier l'influence de ces différences entre les deux représentations sur la communication spatiale.

#### Hypothèses de travail

En comparant ces deux types de représentations, nous hypothèses sont :

- H1 : le niveau de fidélité cinématique de l'avatar a une influence sur la façon dont un utilisateur va guider son partenaire à manipuler les objets virtuels.
- H2 : le niveau de fidélité cinématique de l'avatar a une influence sur l'interprétation des gestes de pointage réalisés par le partenaire pour pointer un objet d'intérêt.
- H3 : Une meilleure communication spatiale implique une meilleure performance collaborative et un sentiment de coprésence dans l'EVC plus élevé.

#### Implémentation du système

##### CAPTURE DE MOUVEMENT

La capture de mouvements et l'animation de l'avatar préconstruit sont réalisées grâce à une Kinect V2 qui extrait un flux vidéo standard et de profondeur, et un squelette (20 points clés). Les données sont intégrées à l'application à l'aide du MS-SDK V2 et du Kinect V2 Unity package.

La technique utilisée pour générer le nuage de points est similaire à celle proposée par Nahon et al. [11]. L'utilisation d'un streamer permet l'extraction du nuage de points depuis les deux flux vidéo de la Kinect. Les données sont ensuite exploitées directement par l'application pour reconstruire l'avatar de l'utilisateur et l'injecté en temps réel dans l'EV.

##### DISPOSITIFS D'AFFICHAGE ET D'INTERACTION

Les utilisateurs (participants) sont immergés dans l'EVC via un casque de réalité virtuelle (HTC Vive). Ils utilisent deux manettes (Vive Controller) pour interagir avec l'EV et sont en contact vocal direct avec l'utilisateur distant. L'utilisateur

distant (expérimentateur) est immergé à travers un cube immersif (CAVE à 4 faces) et utilise un contrôleur de type PlayStation Move pour interagir avec l'EV.

#### ENVIRONNEMENT VIRTUEL COLLABORATIF

L'EV est un environnement fermé à l'échelle 1 dans lequel l'utilisateur (participant) est situé sur une petite esplanade en amont de l'expérimentateur (Figure 3). L'utilisateur peut voir l'avatar de l'expérimentateur dans l'EV mais pas l'inverse.

L'EVC est développé sous Unity avec C# et MiddleVR for Unity. L'intégration du HTC Vive est assurée par le plugin SteamVR pour Unity. Enfin, la mise en réseau de l'application est assurée par l'API Networking de Unity.

#### *Tâches et mesures expérimentales*

Afin de valider nos hypothèses, deux tâches expérimentales seront réalisées par les participants (Figure 3). Ces deux tâches sont choisies car leur succès dépend de la qualité de la communication spatiale. La première tâche consiste à guider l'expérimentateur pour sélectionner et déplacer un objet 3D qui se trouve dans son espace de travail. La seconde tâche consiste à retrouver un code basé sur trois cases pointées par l'expérimentateur dans l'EVC.

La performance collaborative sera évaluée à travers la durée nécessaire aux participants pour guider l'expérimentateur à sélectionner correctement l'objet 3D indiqué, le nombre d'erreurs de sélection de cet objet, la durée nécessaire aux participants pour retrouver le bon code ainsi que le nombre de codes erronés. Nous allons également évaluer les sentiments de coprésence et de présence sociale des participants avec leur partenaire en se basant sur le questionnaire proposé par Latoschik et al. [10].

#### **Travaux futurs**

Dans ce papier, nous avons présenté un cadre théorique pour analyser la fidélité visuelle de l'avatar du partenaire dans un EVC. Nous avons également présenté une étude expérimentale en cours qui vise à comparer l'effet de deux types d'avatars du partenaire, qui ont des niveaux de fidélité différents sur la réalisation de tâches spatiales dans un EVC. Notre hypothèse est qu'une fidélité cinématique plus élevée permettrait d'améliorer la performance collaborative et le sentiment de coprésence avec le partenaire distant.

La prochaine étape de ce travail consiste donc à réaliser l'étude expérimentale décrite dans ce document afin de valider nos hypothèses. A partir des résultats de cette étude, nous pourrions avoir une meilleure appréciation de l'influence de la fidélité cinématique de l'avatar sur la communication spatiale. Nous envisageons également de comparer d'autres formes de représentations telles que des avatars abstraits. Les résultats de ces études permettront d'extraire des lignes directrices pour la conception d'EVC comprenant des tâches de pointage et de guidage spatial. Un exemple d'applications possibles de ce type de systèmes est la formation à distance d'une équipe chirurgicale dans un bloc opératoire virtuel.

#### **Remerciements**

Ce travail a été réalisé dans le cadre d'un projet soutenu par la Région Ile-de-France (subvention n° 17002647).

#### **Bibliographie**

1. Benford, Steve, Bowers, John, Fahlen, Lennart E., Greenhalgh, Chris, and Snowdon, Dave. 1995. User embodiment in collaborative virtual environments. In Proceedings of CHI 1995, 242-249.
2. Chellali, Amine, Milleville-Pennel, Isabelle, and Dumas, Cédric. 2012. Influence of Contextual Objects on Spatial

- Interactions and viewpoints sharing in Virtual Environments. *Virtual Reality*, 17, 1, 1-15.
3. Churchill, E. F., Snowdon, D. N., and Munro, A. J. 2001. Collaborative Virtual Environments: Digital Places and Spaces for Interaction. Springer Verlag.
  4. Cowell, Andrew J. and Stanney, Kay M. 2005. Manipulation of non-verbal interaction style and demographic embodiment to increase anthropomorphic computer character credibility. *International journal of human-computer studies*, 62, 281-306.
  5. Fribourg, Rebecca, Argelaguet, Ferran, Hoyet, Ludovic, and Lécuyer, Anatole. 2018. Studying the sense of embodiment in VR shared experiences. In *IEEE VR 2018*, 1-8.
  6. Garau, Maia, Slater, Mel, Vinayagamoorthy, Vinoba, Brogni, Andrea, Steed, Anthony, and Sasse, M. Angela. 2003. The impact of avatar realism and eye gaze control on perceived quality of communication in a shared immersive virtual environment. In *Proceedings of CHI 2003*, 529-536.
  7. Gerathewohl, Siegfried Johannes. 1969. Fidelity of simulation and transfer of training: a review of the problem. Department of Transportation, Federal Aviation Administration, Office of Aviation Medicine.
  8. Hindmarsh, J., Fraser, M., Heath, C., Benford, S., and Greenhalgh, C. 1998. Fragmented interaction: Establishing mutual orientation in virtual environments. In *Proceedings of the ACM CSCW 1998*, 217-226.
  9. Kilteni, Konstantina, Groten, Raphaela, and Slater, Mel. 2012. The sense of embodiment in virtual reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 21, 373-387.
  10. Latoschik, Marc Erich, Roth, Daniel, Gall, Dominik, Achenbach, Jascha, Waltemate, Thomas, and Botsch, Mario. 2017. The effect of avatar realism in immersive social virtual realities. In *Proceedings of the ACM VRST 2017*, 39.
  11. Nahon, David, Subileau, Geoffrey, and Capel, Benjamin. 2015. "Never Blind in VR" enhancing the virtual reality headset experience with augmented virtuality. In *Proceedings of IEEE VR 2015*, 347-348.
  12. Nowak, Kristine L. and Fox, Jesse. 2018. Avatars and computer-mediated communication: a review of the definitions, uses, and effects of digital representations. *Review of Communication Research*, 6, 30-53.
  13. Pouliquen-Lardy, Lauriane, Milleville-Pennel, Isabelle, Guillaume, Francois, and Mars, Franck. 2016. Remote collaboration in virtual reality: asymmetrical effects of task distribution on spatial processing and mental workload. *Virtual Reality*, 20, 213-220.
  14. Roth, Daniel, Lugin, Jean-Luc, Galakhov, Dmitri, Hofmann, Arvid, Bente, Gary, Latoschik, Marc Erich, and Fuhrmann, Arnulph. 2016. Avatar realism and social interaction quality in virtual reality. In *Proceedings of IEEE VR 2016*, 277-278.
  15. Steed, Anthony and Schroeder, Ralph. 2015. Collaboration in immersive and non-immersive virtual environments. In *Immersed in Media*. Springer.
  16. Steptoe, William, Steed, Anthony, Rovira, Aitor, and Rae, John. 2010. Lie tracking: social presence, truth and deception in avatar-mediated telecommunication. In *Proceedings of CHI 2010*, 1039-1048.