



HAL
open science

Réalité virtuelle et formation à distance : impact de la représentation des avatars sur la coprésence des apprenants dans un environnement virtuel collaboratif

Richard Ngu Leubou, Marc Trestini, Benoit Crespin

► To cite this version:

Richard Ngu Leubou, Marc Trestini, Benoit Crespin. Réalité virtuelle et formation à distance : impact de la représentation des avatars sur la coprésence des apprenants dans un environnement virtuel collaboratif. 10e Conférence sur les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain, Jun 2021, Fribourg, Suisse. pp.154-165. hal-03292842

HAL Id: hal-03292842

<https://hal.science/hal-03292842v1>

Submitted on 23 Jul 2021

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.

Réalité virtuelle et formation à distance : impact de la représentation des avatars sur la coprésence des apprenants dans un environnement virtuel collaboratif

Richard Ngu Leoubou^{1,2}, Marc Trestini², and Benoit Crespin¹

¹ University of Limoges - CNRS, XLIM UMR 7252 France
<https://www.xlim.fr/>

² University of Strasbourg - LISEC (EA 2310) France
<http://www.lisec-recherche.eu/>

Résumé. La réalité virtuelle est de plus en plus utilisée dans le domaine de l'éducation et de la formation. Les applications de réalité virtuelle fournissent aux apprenants l'occasion de vivre des expériences qu'ils ne peuvent pas trouver (totalement ou partiellement) dans le monde réel et qui favorisent les apprentissages. Dans le secteur de la formation à distance, il ressort des travaux existants que la réalité virtuelle offre de nouveaux supports d'apprentissage et une nouvelle façon de collaborer et de se socialiser. Elle permet de simuler des situations d'apprentissage semblables à celles réalisées dans une formation présentielle (cours magistral, manipulation des objets dans un laboratoire, etc.) en offrant aux utilisateurs, une grande liberté d'interactions dans des systèmes immersifs. L'objectif de notre article consiste à étudier un nouvel apport de la réalité virtuelle sur l'expérience utilisateur des apprenants dans un dispositif de formation à distance. Nous montrons notamment comment la représentation des avatars peut influencer le sentiment de coprésence et rapprocher les apprenants dans un environnement virtuel collaboratif.

Mots-clés : Réalité virtuelle, Expérience utilisateur, Avatar, Coprésence, Formation à distance.

Abstract. Virtual reality is increasingly used in the field of education and training. VR applications provide learners with experiences that they cannot find (totally or partially) in the real world and that promote active learning. For distance learning, existing works indicate that VR offers a new way to learn, collaborate and socialize. It allows to simulate learning situations similar to those carried out in a face-to-face training (lectures, manipulation of objects in a laboratory, etc.) and gives users the freedom of interactivity with immersive features. The goal of this paper is to study a new contribution to the user experience of learners in a distance learning environment. More specifically, we show how the representation of avatars can influence the feeling of co-presence and bring learners closer together in a collaborative virtual environment.

Keywords: VR, User experience, Avatars, Copresence, Distance learning.

1 Introduction

Au cours de ces dernières années, les chercheurs en Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH) se sont de plus en plus intéressés à l'expérience utilisateur des apprenants dans des situations d'apprentissage informatisées. L'enjeu majeur consiste à concevoir des environnements numériques permettant de manipuler et améliorer la motivation, le flow, l'engagement, la satisfaction, les émotions positives des apprenants, etc. Parmi les technologies utilisées, force est de constater que la réalité virtuelle (RV) suscite un intérêt croissant dans la communauté des chercheurs. Elle offre en effet le moyen de créer un monde tridimensionnel simulé représentant un environnement d'apprentissage réaliste pour les étudiants en termes de vision, d'audition et de toucher, en faisant en sorte que les apprenants se sentent comme des participants de l'environnement virtuel (EV) [8]. Les technologies mobilisant la RV pour l'apprentissage sont connues sous le terme d'Environnements Virtuels Educatifs (EVE). Elles offrent de nouveaux supports d'apprentissage et une nouvelle façon de collaborer et de se socialiser [16]; elles permettent de simuler des situations d'apprentissage réalisées dans une formation présentielle (cours magistral, manipulation des objets dans un laboratoire, etc) [16, 8] et donnent aux utilisateurs une liberté d'interactivité avec la caractéristique d'immersion [1].

L'utilisation de la RV dans le domaine de l'apprentissage à distance est en encore un sujet assez peu investi par les chercheurs en EIAH. Elle est trop souvent considérée comme un simple moyen technique visant à faire communiquer les personnes entre-elles sans tenir compte de leur ressenti, et leurs impressions. De fait, elle tend généralement à oublier les besoins des apprenants, leur satisfaction à l'égard de l'expérience d'apprentissage [1] et les émotions vécues entre apprenants dans les différentes interactions. Ainsi nous proposons dans cet article d'analyser l'impact de la RV sur l'expérience utilisateur des apprenants. Il s'agit en particulier de montrer comment les différentes représentations des avatars utilisées dans un environnement virtuel peuvent agir sur le sentiment de coprésence entre apprenants et ainsi rapprocher ces derniers. Une expérimentation menée sur un groupe d'étudiants sera détaillée pour montrer ce résultat.

Cet article est organisé comme suit. Dans la section 2, nous présentons le cadre conceptuel de la RV. La section 3 est consacrée à l'état de l'art et à notre problématique de recherche. La section 4 décrit la méthodologie de recherche utilisée, puis nous discutons dans la section 5 des résultats de notre expérimentation avant de conclure.

2 Réalité virtuelle, coprésence et avatars

La RV est un domaine scientifique et technique exploitant l'informatique à travers des interfaces comportementales en vue de simuler dans un environnement virtuel le comportement d'entités 3D, qui sont en interaction en temps-réel entre elles et avec une (ou plusieurs) personne(s) en immersion pseudo-naturelle [11]. Les interfaces matérielles de la RV sont dites comportementales

car elles exploitent les comportements humains. Elles se composent d'interfaces sensorielles, motrices et sensorimotrices, permettant aux humains d'échanger avec l'ordinateur [11, 23]. L'immersion en RV représente l'exposition d'un utilisateur dans un EV à l'aide de dispositifs occultant en partie la perception de son environnement réel, pour afficher en lieu et place une image du monde virtuel [7]. Dans ce contexte, la présence en RV est le sentiment authentique d'exister dans un monde autre que le monde physique où notre corps se trouve [6]. Cette présence peut être évaluée selon trois dimensions [18, 15] : il y a d'abord la présence physique ou environnementale, dans laquelle l'utilisateur va être amené à percevoir comme réels les objets du monde virtuel durant son expérience ; ensuite, la présence de soi ou présence personnelle qui intervient lorsque l'utilisateur perçoit son soi comme faisant partie du monde virtuel ; enfin, la présence sociale ou *coprésence* qui représente le sentiment d'être ensemble avec d'autres dans un EV collaboratif, même lorsque les participants sont physiquement situés dans différents sites [25]. Dans ce contexte, les avatars sont utilisés pour mettre en place l'interaction sociale entre les utilisateurs. Un avatar est une représentation visuelle d'un utilisateur [11] ou d'un personnage virtuel dans un EV. De manière générale, il offre de multiples possibilités de représentations plus ou moins fidèles de l'utilisateur [5]. Il existe trois composantes principales pour caractériser la fidélité visuelle de l'avatar dans un EV [12] : (1) la fidélité de la forme visuelle qui décrit le respect de la forme de l'utilisateur représenté par l'avatar ; (2) la fidélité de l'identité qui décrit à quel point l'identité de l'utilisateur représenté par l'avatar est reconnaissable par les autres utilisateurs (visage, taille, vêtements, accessoires, etc.) ; (3) la fidélité cinématique qui décrit la fidélité de reproduction des mouvements de l'utilisateur par son avatar. Pour les besoins de notre étude, nous nous sommes limités à la première composante qui décrit la fidélité de la forme.

3 Comment la réalité virtuelle impacte-t-elle la formation à distance ?

3.1 État de l'art

Les premiers travaux dans le domaine de la RV appliquée à la FAD datent de moins d'une décennie [1, 17, 8]. Une grande partie de ces travaux utilisent les possibilités offertes par la 3D et la RV pour reproduire (dans la limite des possibilités) les conditions d'une formation présentielle. Nous pouvons par exemple citer Chang *et al.* [8] qui décrivent un système simulant la vie réelle sur un campus où les étudiants peuvent participer à des activités comme avoir des cours, faire des exercices et se faire des amis ; les enseignants peuvent proposer des conférences, revoir les travaux des étudiants et mener des examens ; enfin, les gestionnaires gèrent les activités quotidiennes d'enseignement et les affaires des étudiants. Suivant le même principe, le projet CLEV-R (a collaborative learning environment with virtual-reality) offre un environnement qui imite le monde réel où les utilisateurs, représentés par des avatars, assument divers rôles dans

le monde virtuel [16]. Le système VRMed (Virtual reality in Medical education) [9] est lui plutôt destiné à l'enseignement à distance en médecine, en proposant une salle de cours virtuelle reproduisant les conditions d'une vraie salle de classe universitaire, un laboratoire virtuel permettant aux étudiants de manipuler des objets tels que des microscopes, une bibliothèque virtuelle où les étudiants peuvent naviguer pour rechercher des connaissances, etc.

D'autres travaux ont permis de montrer l'impact positif des avatars sur l'apprentissage dans les EV, notamment sur l'engagement des apprenants et des opportunités d'interaction de qualité entre apprenants à distance [4]. Baker *et al.* [3] ont constaté que les avatars permettent de développer un sentiment de communauté entre apprenants dans un contexte de formation à distance. Plus récemment les travaux de Gorisse [13] montrent un impact positif de la fidélité et de la véracité des avatars sur l'expérience utilisateur et le sentiment de présence des apprenants dans un environnement de réalité virtuelle.

3.2 Problématique

Contrairement aux formations traditionnelles dites *en présentiel* qui réunissent en un même lieu et en même temps apprenants et enseignants, l'une des caractéristiques principales des modalités propres à la FAD est précisément la distance. Elle peut être considérée comme fondement de la relation pédagogique [14]. Cette distance se manifeste souvent chez l'apprenant selon plusieurs dimensions [10] : spatio-temporelle, technologique, socioculturelle, économique, socioaffective, etc. Du fait de l'éloignement géographique, la distance spatio-temporelle peut créer par exemple chez certains apprenants un sentiment d'isolement qui lorsqu'il est mal vécu peut se transformer en solitude. La dimension socioaffective de la distance, c'est-à-dire l'ensemble des sentiments et émotions véhiculés dans et par les relations sociales entre les acteurs du dispositif de formation, fait que la confiance en l'autre sera plus difficile à mettre en place, car la régularité des interactions est plus faible que dans une formation présentielle [22]. Il est donc important de prendre en compte les composantes de la distance dans la conception des dispositifs de FAD. D'après Puimatto [20], la capacité de ces dispositifs à apprivoiser la distance conditionne leur efficacité et leur acceptabilité.

Les travaux présentés dans la littérature scientifique répondent partiellement à cette problématique en proposant des possibilités de collaboration et d'interaction. Cependant, les dimensions socioaffective et spatio-temporelle de la distance restent très peu ou pas traitées. De plus, les aspects didactiques liés à la présentation des contenus et visuels graphiques (design émotionnel), ont montré par le passé leurs importances dans l'apprentissage. ils ne sont donc pas à négliger car ils permettent d'induire des émotions positives et facilitent la compréhension chez les apprenants [19].

Nous proposons donc d'étudier comment la RV peut prendre en compte ces dimensions en se focalisant sur le sentiment de coprésence et le rapprochement entre apprenants dans les dispositifs de FAD. Notre questionnement de recherche porte plus précisément sur l'impact du choix des avatars sur le sentiment de

coprésence des apprenants. Nous formulons l'hypothèse que dans un environnement de RV en contexte de FAD, le sentiment de coprésence des apprenants varie en fonction du type d'avatar utilisé. Notre expérimentation se focalise en outre sur le degré d'anthropomorphisme des avatars, en utilisant d'abord des formes géométriques simples (sphères) pour les représenter puis des personnages imaginaires type robots, et enfin des personnages 3D modélisés à partir des photos des apprenants. Le degré d'anthropomorphisme représente le degré de ressemblance à une forme humaine.

4 Méthodologie de recherche

4.1 Évaluation de la coprésence en réalité virtuelle

Deux types de méthodes sont généralement utilisées pour mesurer le sentiment de présence dans un environnement de réalité virtuelle: les méthodes subjectives et objectives [6]. Les méthodes subjectives sont, pour la plupart, basées sur un principe d'évaluation par questionnaire. Il existe des questionnaires de mesure de la présence physique [24, 21] et des questionnaires de mesure de la présence sociale et de la coprésence [2, 18]. Les méthodes objectives sont quant à elles basées sur l'évaluation des réponses physiologiques et l'évaluation des réponses comportementales [6].

Selon Riva *et al.* [6], différents critères permettent de s'assurer de la validité de la méthode utilisée. Il s'agit de la fiabilité (la mesure doit être stable et cohérente au cours du temps); la validité (l'expérimentation mesure le facteur escompté); la sensibilité (la mesure doit pouvoir distinguer les niveaux de présence); la robustesse (la méthode employée pour la mesure doit pouvoir être transposée à différents systèmes de réalité virtuelle et différents contenus et contextes); la non-intrusivité (la méthode utilisée ne doit pas perturber le déroulement de l'expérience); la commodité (la méthode doit être simple à comprendre, à mettre en place et à administrer). Pour vérifier notre hypothèse, nous avons utilisé la méthodologie basée sur des évaluations subjectives par questionnaire en adaptant le questionnaire de Nowak (voir Table 1) traitant de la coprésence en environnement virtuel [18].

Ce questionnaire permet d'évaluer la présence perçue de l'autre et la coprésence perçue par soi-même. Pour les besoins de notre étude, nous avons extrait et traduit 9 questions en les contextualisant dans le domaine de la FAD (le terme *partenaire d'interaction* a par exemple été remplacé par *autres apprenants*). La coprésence est ainsi évaluée à partir de 6 variables dépendantes :

- l'implication dans l'activité (i)
- la sensation (chaleur/froideur) perçue entre apprenants (ii) ;
- l'échange des informations personnelles (iii) ;
- le sentiment de proximité entre apprenants (iv) ;
- les communications vocales ou verbales entre apprenants (v) ;
- la motivation à réaliser une activité en groupe (vi).

Chaque affirmation est évaluée sur une échelle de Likert (pas du tout d'accord, pas d'accord, ni d'accord ni en désaccord, d'accord, tout à fait d'accord).

Table 1. Adaptation du questionnaire subjectif de Nowak

Coprésence perçue par les autres participants		
Code	Variable	Items
COO1	(i)	Les autres apprenants ont été fortement impliqués dans l'activité.
COO2	(ii)	Les autres apprenants ont communiqué la froideur plutôt que la chaleur.
COO3	(iii)	Les autres apprenants n'étaient pas disposés à partager des informations personnelles avec moi.
COO4	(iv)	Les autres apprenants ont créé un sentiment de proximité entre nous.
COO5	(v)	Les autres apprenants étaient intéressés à me parler.
Coprésence perçue par soi-même		
COO8	(iii)	Je n'étais pas disposé à partager des informations personnelles avec les autres apprenants.
COO9	(iv)	J'ai essayé de créer un sentiment de proximité entre nous.
COO10	(v)	Je souhaitais parler aux autres apprenants.
COO11	(vi)	L'activité d'apprentissage avec les autres apprenants m'a particulièrement motivé.

4.2 Caractéristiques de l'environnement d'expérimentation

Le public de notre expérience est composé de 22 apprenants tous inscrits en formation à distance dans des cursus proposés par les universités de Strasbourg et de Limoges. L'expérimentation se déroule dans une salle virtuelle, dont l'un des murs contient un tableau destiné à la projection de contenus (images, fichiers PDF, etc). Les utilisateurs connectés peuvent se déplacer dans l'environnement virtuel par téléportation. La communication se fait à l'aide d'un chat vocal utilisant le son spatialisé (i.e. permettant aux apprenants de localiser l'origine des sons dans la salle).

4.3 Activité groupale proposée

Le domaine d'application de l'activité groupale proposée aux apprenants est l'entrepreneuriat. L'objectif final est de trouver une idée innovante pour la création d'une entreprise. L'expérience se décompose en une série de 3 séquences de 20 min en moyenne. Chaque séquence est caractérisée par l'utilisation d'une forme différente d'avatar : soit un avatar avec un faible degré d'anthropomorphisme représenté sous forme d'une sphère (Fig. 1), soit un personnage imaginaire représenté sous la forme d'un robot (Fig. 2), soit un avatar avec un haut degré d'anthropomorphisme (Fig. 3) modélisé à partir de la photo de l'apprenant. Chaque forme d'avatar est complétée par le prénom des apprenants.

L'activité est réalisée en groupes de 4 ou 5 participants (5 groupes). La première séquence rassemble les participants d'un même groupe ainsi qu'un tuteur dans une classe de réalité virtuelle. Dans cette séquence, le tuteur se présente et montre un diaporama contenant les instructions sur l'activité à réaliser en groupe. Dans la deuxième séquence, les apprenants se retrouvent



Fig. 1. Avatars avec une forme de sphère



Fig. 2. Avatar avec une forme de robot



Fig. 3. Avatars avec un haut degré d'anthropomorphisme

dans l'environnement virtuel pour réaliser l'activité. Le scénario consiste en un tour de table où chacun se présente. Ensuite le groupe réalise une forme de brainstorming pour recueillir les idées, puis choisit l'idée qui sera présentée sur un document partagé. La dernière séquence se réalise avec le groupe en présence du tuteur. Chaque groupe désigne un rapporteur qui présente les membres du groupe et l'idée innovante retenue.

Les 3 séquences sont réalisées sur une période de 2 semaines. A la fin de la série, notre questionnaire est soumis aux participants pour évaluer la coprésence en fonction des différentes variables.

5 Résultats et analyse

Si nous prenons à titre d'exemple la variable (iv) qui concerne la motivation à réaliser une activité en groupe, un premier tri à plat nous permet d'observer que les apprenants semblent motivés pour réaliser des activités groupales avec leurs pairs dans l'environnement RV. Cette observation se monte à 72,7% (soit 50% "d'accord" et 22,7% "tout à fait d'accord") quand l'activité se déroule avec un avatar ayant la forme d'une sphère, à 81,8% (59,1% "d'accord" et 22,7% "tout à fait d'accord") avec un avatar ayant la forme d'un robot, et 95,4% (31,8% "d'accord" et 63,6% "tout à fait d'accord") avec un avatar ayant une forme humaine. Si nous croisons maintenant la variable avatar avec la variable (iv) portant sur la motivation des apprenants à travailler ensemble dans l'environnement virtuel, nous obtenons les résultats reportés dans la Table 2.

Table 2. Tri croisé récapitulant la motivation à travailler ensemble (COO11) en fonction de la forme d'avatar

AVATAR /CO011	Pas du tout d'accord	Pas d'accord	Ni d'accord ni en désaccord	D'accord	Tout à fait d'accord	Total
AVATAR SPHERE	0,0%	0,0%	27,3%	50,0%	22,7%	100%
AVATAR ROBOT	4,6%	9,1%	4,6%	59,1%	22,7%	100%
AVATAR HUMAIN	0,0%	0,0%	4,6%	31,8%	63,6%	100%
TOTAL	1,5%	3,0%	12,1%	47,0%	36,4%	100%

Dans ce tableau croisé, nous remarquons d'abord que la forme des avatars semble avoir une influence non négligeable sur le degré de motivation d'un apprenant à travailler avec d'autres apprenants dans une activité groupale. Un test de χ^2 permet de le vérifier : en effet, avec un nombre de degrés de liberté ddl égal à 8, on obtient $\tilde{\chi}^2 = 20,91$ avec $1 - p = 99,23\%$. Par ailleurs, le V de Cramer est égal à 28,15 : cette valeur témoigne, de manière complémentaire, de la force de la relation étudiée. On en déduit que les différences observées entre nos valeurs expérimentales et nos valeurs théoriques ne sont pas dues au hasard, autrement dit que la dépendance entre la forme des avatars et la motivation des apprenants à travailler ensemble dans l'environnement virtuel est avérée et très significative.

Si l'on se focalise maintenant sur ces écarts, on constate que les variables en bleu dans la table 2 (4,6% "pas du tout d'accord" pour l'avatar robot, 9,1% "pas d'accord" pour l'avatar robot, 27,3% "ni d'accord ni en désaccord" pour l'avatar sphère, et 63,6% "tout à fait d'accord" pour l'avatar humain) sont celles dont l'effectif réel (données expérimentales) est nettement supérieur à l'effectif théorique. Par conséquent, ces modalités particulières sont précisément celles qui contribuent le plus à la dépendance de la relation. Une analyse similaire a été menée pour chaque croisement de variables envisagé, permettant d'évaluer la dépendance entre chacune d'elles et la forme d'avatar utilisée. Les résultats sur l'ensemble des variables évaluées sont présentés dans la Table 3.

Table 3. Résultat du tri croisé pour l'ensemble des variables

Variable	Question	χ^2	ddl	1-p	V de Cramer	Dépendance
i	COO1	18,25	6	99,44%	37,18	Très significative
ii	COO2	21,80	8	99,47%	40,64	Très significative
iii	COO3	6,87	8	44,89%	22,81	Pas significative
	COO8	5,24	6	48,61%	19,92	Pas significative
iv	COO4	14,81	8	93,69%	33,49	Peu significative
	COO9	16,95	8	96,93%	35,83	Significative
v	COO5	12,14	6	94,10%	30,32	Peu significative
	COO10	12,12	6	94,07%	30,30	Peu significative
vi	COO11	20,91	8	99,23%	39,70	Très significative

Les résultats obtenus nous permettent de faire un certain nombre d'observations sur ces variables particulières et sur les relations qui les lient :

1. En contexte de FAD, l'environnement de RV semble contribuer à l'implication des apprenants dans la réalisation d'activités groupales. Le niveau d'implication semble varier significativement en fonction de la représentation des avatars, avec un niveau d'implication plus élevé pour les avatars présentant un haut degré d'anthropomorphisme.
2. En environnement RV, les apprenants semblent communiquer de manière chaleureuse. Le degré de chaleur ressenti dans la communication interpersonnelle semble varier en fonction de la représentation des avatars, avec un degré plus élevé pour les avatars présentant un haut degré d'anthropomorphisme. Ce résultat peut se justifier par l'effet d'immersion dans l'environnement virtuel conduisant d'une part au sentiment d'être avec les autres, et d'autre part au sentiment de réconfort provoqué par le réalisme des avatars (visages connus et reconnus).
3. Les apprenants ne semblent pas très disposés à partager des informations personnelles dans un environnement RV conçu pour la formation à distance, quel que soit le type d'avatar. Ce résultat pourrait se justifier par le fait que notre expérience n'a duré que 60 minutes au total. De fait, les apprenants n'ont pas eu le temps de s'y sentir à l'aise et de faire confiance à leurs pairs.

Ce constat mériterait néanmoins d'être à nouveau testé sur une période plus longue.

4. Etant éloignés physiquement les uns des autres dans un contexte de FAD (distance spatiale), les apprenants semblent chercher dans cet environnement expérimental à recréer un sentiment de proximité (i.e. à réduire la distance perçue entre eux) mis à mal par la distance physique. Ce sentiment de proximité est perçu différemment selon le sens des relations interpersonnelles considérées, de soi par rapport aux autres apprenants ou des autres par rapport à soi. La perception de la proximité de soi par rapport aux autres semble varier en fonction de la représentation des avatars, avec un sentiment plus élevé pour les avatars représentant un haut degré d'anthropomorphisme. En revanche, la perception de la proximité des autres par rapport à soi semble moins varier en fonction de l'avatar. Une explication logique à cette différence peut être le fait que dans l'environnement RV, les apprenants ne voient pas leur propre avatar mais ceux des autres. Les avatars utilisés n'étant pas expressifs (pas de mouvement de la bouche lorsqu'on parle, pas de modification du regard, etc), il devient plus difficile de percevoir le sentiment des autres.
5. Les échanges vocaux semblent susciter un très grand intérêt chez les apprenants immergés dans l'environnement RV. Ce résultat reste vrai dans les deux sens indiqués précédemment (l'intérêt de soi à parler aux autres et l'intérêt des autres à parler à soi), quel que soit le type d'avatar. Cet intérêt pourrait se justifier par la difficulté à effectuer des échanges textuels dans l'environnement.
6. Réaliser une activité groupale avec ses pairs semble provoquer chez les apprenants une réelle motivation. Ce sentiment augmente en fonction de la forme de l'avatar utilisé, et en particulier pour les avatars présentant un haut degré d'anthropomorphisme.

Les premiers résultats obtenus dans cette étude sont très encourageants et semblent montrer que la représentation des avatars pourrait avoir un impact positif sur certains facteurs de coprésence. Cependant, avant de se prononcer plus sûrement sur cette question de recherche, il serait utile de reproduire l'expérience avec un public beaucoup plus large, le nôtre étant réduit à 22 participants. De plus, la variable avatar est de type intra-sujet. Dans ce contexte, chaque participant voit plusieurs modalités de la variable indépendante (les différents types d'avatars). L'ordre dans lequel ces conditions expérimentales sont présentées peut avoir une influence sur les résultats. Un des avantages de ce type d'expérimentation est le fait d'éviter le problème des variations inter-individuelles, puisque l'on compare la perception du sujet à propos d'un traitement (un type d'avatar) à la perception du même sujet à propos d'un autre type de traitement (un autre type d'avatar). Cependant, il serait nécessaire d'équilibrer l'ordre de chaque type d'avatar en les contrebalançant dans différents groupes pour conforter les résultats. En d'autres termes, pour les 3 types d'avatars il faudrait prévoir 6 groupes (i.e. le nombre de permutations possibles de 3 types d'avatars).

Une autre amélioration consisterait, au lieu de soumettre un seul questionnaire à la fin des 3 séquences d'expérimentation, à proposer un questionnaire aux apprenants après chaque séquence.

6 Conclusion

L'utilisation de la réalité virtuelle dans la formation à distance est récente, mais elle semble très prometteuse. Les possibilités offertes par cette technologie font émerger de nouveaux moyens d'apprentissage.

L'expérience réalisée dans le cadre de cette étude nous permet de constater que la réalité virtuelle pourrait contribuer à améliorer l'expérience des utilisateurs à travers la coprésence des apprenants dans l'environnement virtuel. Nous avons pu observer que certains facteurs de la coprésence liés à l'expérience utilisateur pourraient être favorablement influencés par la RV. Il s'agit de l'implication des apprenants dans la réalisation d'une activité groupale, la motivation à réaliser une activité avec d'autres apprenants, ou les relations chaleureuses que ces derniers ont ressenties dans leurs échanges. Ces trois premiers facteurs semblent être fortement influencés par la représentation des avatars dans l'environnement virtuel, avec une influence plus marquée pour les avatars qui possèdent un haut degré d'anthropomorphisme. Par ailleurs, bien que peu ou pas influencés par la représentation des avatars, les facteurs tels que le sentiment de proximité entre apprenants et les communications verbales semblent avoir contribué au sentiment de coprésence dans l'environnement. Enfin, notre étude montre que les apprenants sont peu disposés à partager les informations personnelles dans l'environnement, quelle que soit la forme d'avatar.

Il est important de noter que notre expérience a été réalisée sur un échantillon relativement faible (22 personnes). Néanmoins, nos premiers résultats montrent qu'un environnement de réalité virtuelle pour la formation à distance, conçu autour des préférences et des besoins des apprenants et utilisant des avatars représentés par une forme humaine, pourrait concourir de façon positive au bien-être et à la motivation des apprenants.

Bibliographie

1. Abidi, M., El-Tamimi, A., Al-Ahmari, A.: Virtual reality: Next generation tool for distance education. *International Journal of Advanced Science and Engineering Technology* **2**, 95–100 (2012)
2. Bailenson, J., Rex, C., Beall, A., Loomis, J.: Equilibrium theory revisited: Mutual gaze and personal space in virtual environments. *Presence: Teleoperators Virtual Environments* **10**, 583–598 (2001)
3. Baker, S.C., Wentz, R.K., Woods, M.M.: Using virtual worlds in education: Second life® as an educational tool. *Teaching of Psychology* **36**(1), 59–64 (2009)
4. Blake, A.M., Moseley, J.L.: The emerging technology of avatars: Some educational considerations. *Educational Technology* pp. 13–20 (2010)
5. Bonfils, P.: Environnements immersifs: spectacle, avatars et corps virtuel, entre addiction et dialectique sociales. *Hermès, La Revue* (1), 53–58 (2012)

6. Bouvier, P.: La présence en réalité virtuelle, une approche centrée utilisateur. Ph.D. thesis, Université Paris-Est (2009)
7. Burkhardt, J.M., Bardy, B., Lourdeaux, D.: Immersion, réalisme et présence dans la conception et l'évaluation des environnements virtuels. *Psychologie Française* **48**, 35–42 (2003)
8. Chang, X.q., Zhang, D.h., Jin, X.x.: Application of virtual reality technology in distance learning. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)* **11**(11) (2016)
9. Dimitropoulos, Kosmas, M.A.M.I.: Building virtual reality environments for distance education on the web: A case study in medical education. *International Journal of Social Sciences* **2** (2008)
10. Dussarps, C.: L'abandon en formation à distance. *Distances et Médiations des Savoirs* (10) (2015)
11. Fuchs, P.: Théorie de la réalité virtuelle : les véritables usages. Collection Mathématiques et informatique, Mines Paristech PSL, Paris (2018)
12. Gamelin, G., Chellali, A., Dumas, C., Otmane, S.: Fidélité de l'avatar du partenaire distant dans un environnement virtuel immersif: effets sur les interactions spatiales. In: 30eme conférence francophone sur l'interaction homme-machine. pp. 227–233 (2018)
13. Gorisse, G.: Impact du point de vue et de la fidélité des avatars sur les sentiments de présence et d'incarnation en environnement virtuel immersif. Ph.D. thesis, Paris, ENSAM (2019)
14. Jacquinet, G.: Apprivoiser la distance et supprimer l'absence ? ou les défis de la formation à distance. *Revue Française De Psychanalyse* **102**, 55–67 (1993)
15. Lee, K.: Presence, explicated. *Communication Theory* **14**, 27 – 50 (2004)
16. McArdle, G., Monahan, T., Bertolotto, M., Mangina, E.: A web-based multimedia virtual reality environment for e-learning. *Proceedings of Eurographics* **4**, 9–13 (2004)
17. Monahan, T., McArdle, G., Bertolotto, M.: Virtual reality for collaborative e-learning. *Computers Education* **50**, 1339–1353 (2008)
18. Nowak, K., Biocca, F.: The effect of the agency and anthropomorphism on users' sense of telepresence, copresence, and social presence in virtual environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* **12**, 481–494 (2003)
19. Plass, J.L., Heidig, S., Hayward, E.O., Homer, B.D., Um, E.: Emotional design in multimedia learning: Effects of shape and color on affect and learning. *Learning and Instruction* **29**, 128–140 (2014)
20. Puimatto, G.: Apprivoiser la distance ? Distances et médiations des savoirs (2019)
21. Schubert, T., Friedmann, F., Regenbrecht, H.: The experience of presence: Factor analytic insights. *Presence* **10**, 266–281 (2001)
22. Siméone, A., Eneau, J.: Trust and credibility in an online computer-supported collaborative learning (cscl) task. In: 9th World Conference on Computers in Education - IFIP (2009)
23. Sternberger, L.: Interaction 3-D en réalité virtuelle. Ph.D. thesis, Université Louis Pasteur - Strasbourg I (2006)
24. Witmer, B.G., Singer, M.J.: Measuring presence in virtual environments: A presence questionnaire. *Presence* **7**(3), 225–240 (1998)
25. Youngblut, C.: Experience of presence in virtual environments. *Institute for Defense Analyses* p. 149 (2003)