



HAL
open science

Une expérience sans frontières est-elle crédible ?

Olivier Nannipieri, I. Muratore

► **To cite this version:**

Olivier Nannipieri, I. Muratore. Une expérience sans frontières est-elle crédible ?. Colloque Frontières Numériques, Jun 2023, Hammamet, Tunisie. hal-04140534

HAL Id: hal-04140534

<https://amu.hal.science/hal-04140534>

Submitted on 4 Feb 2024

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.

Une expérience sans frontières est-elle crédible ?¹

Is an experience without borders credible?

Olivier NANNIPIERI (1), Isabelle MURATORE (2)

(1) IMSIC, Université de Toulon & Aix-Marseille Université
olivier.nannipieri@univ-tln.fr

(2) CERGAM, Université de Toulon & Aix-Marseille Université
isabelle.muratore@univ-tln.fr

Résumé. A la différence des environnements physiques et virtuels, les environnements en réalité augmentée mixent des entités physiques et synthétisées numériquement, brouillant ainsi les frontières entre le « réel » et le « virtuel ». Or, le caractère hybride de ces environnements, tant sur les plans ontologique que perceptuel, peut-il produire une expérience crédible du point de vue de l'utilisateur ? L'objectif de cet article consiste à examiner les effets de cette co-présence entre des entités physiques (utilisateur, environnement) et des entités numériques et cherche à tenter de répondre à la question suivante : qu'est-ce qui pourrait expliquer qu'un environnement où il devient difficile de maintenir une frontière entre le réel et le virtuel contribue, le cas échéant, à rendre crédible l'expérience de l'utilisateur ? C'est sur la base d'une étude empirique qu'un modèle est proposé afin d'interroger, notamment, le rôle de médiateur de la présence au sein de la relation entre la co-présence de l'utilisateur avec des objets virtuels et le degré de crédibilité de l'expérience vécue.

Mots-clés. réalité augmentée, crédibilité, présence, co-présence.

Abstract. Unlike physical and virtual environments, augmented reality environments mix physical and digitally synthesized entities, thus blurring the boundaries between "real" and "virtual". However, can the hybrid nature of these environments, both ontologically and perceptually, produce a credible experience from the user's point of view? The objective of this article consists in examining the effects of this co-presence between physical entities (user, environment) and digital entities and try to answer the following question: what could explain that an environment where it becomes difficult to maintain a border between the real and the virtual contributes, if necessary, to making the user's experience credible? It is on the basis of an empirical study that a model is proposed in order to question, in particular, the mediating role of presence within the relationship between the co-presence of the user with virtual objects and the degree of credibility of the lived experience.

Keywords. Augmented reality, credibility, presence, co-presence.

¹ Les auteurs remercient le CARTT de l'IUT de Toulon pour son soutien financier.

1 Introduction

A la différence des frontières physiques qui séparent les territoires, les frontières numériques paraissent intangibles, mais n'en sont pas moins réelles : les environnements numériques permettent aux utilisateurs d'accéder à d'autres mondes (métavers, MMORPG, RSN...) grâce à des dispositifs sociotechniques (smartphone, tablette, casque de réalité virtuelle...). C'est par leur intermédiaire que l'utilisateur peut, temporairement, quitter le territoire du réel pour entrer dans un territoire virtuel et, même si les expériences vécues le sont dans deux environnements différents, elles construisent, ensemble, l'expérience de l'individu. Malgré cela, ces deux environnements et l'expérience qui leur est associée sont temporellement ou chronologiquement distincts car non simultanés.

Or, que se produit-il lorsque l'environnement physique et l'environnement numérique coexistent et ne se contentent plus d'exister l'un après l'autre ? C'est ce que permet la réalité augmentée qui mixe l'environnement physique avec des entités virtuelles, contribuant à la disparition de la frontière entre notre environnement physique et l'environnement produit par une machine.

L'objectif de cet article consiste à examiner les effets de cette co-présence entre des entités physiques et des entités numériques et cherche, en particulier, à tenter de répondre à la question suivante : qu'est-ce qui pourrait expliquer qu'un environnement où il devient difficile de maintenir une frontière entre le réel et le virtuel contribue, le cas échéant, à rendre crédible l'expérience de l'utilisateur ?

Car, sur le plan sensoriel, l'utilisateur perçoit un ensemble de stimuli en provenance de l'environnement. Or, ces stimuli sont, sur le plan ontologique, de nature différente : les uns, provenant de son environnement physique, sont perçus sans la médiation d'un dispositif technique – en l'occurrence, numérique, alors que les autres sont générés par une machine (e.g. smartphone, tablette, casque de réalité augmentée) et ne peuvent être perçus que par la médiation d'un dispositif technique. Ainsi, il semble exister une triple frontière : entre des environnement/entités physiques et des environnements/entités virtuelles ; une frontière délimitant les données sensorielles en provenance de l'environnement physique et celles provenant de l'environnement ou d'entités numériques d'autre part ; une frontière, enfin, délimitant les données sensorielles ne nécessitant pas une médiation technique et les données sensorielles ne se manifestant que par l'intermédiaire d'une médiation technique. En somme, il paraît, en première analyse, évident qu'il existe bien des frontières (ontologiques, perceptuelles et techniques) entre des environnements/entités physiques et des environnements/entités virtuels.

Or, quel que soit le degré de réalisme de ces entités virtuelles, elles coexistent avec l'environnement au sein duquel l'utilisateur se trouve. Lorsque, premièrement, ces entités sont cohérentes avec l'environnement et le contexte d'exposition ou la tâche à réaliser et, deuxièmement, lorsque qu'elles bénéficient d'un design extrêmement réaliste (e.g. le concepteur a produit une réplique virtuelle d'un objet réel), il est, en droit, possible que l'utilisateur ne soit pas en mesure de distinguer ce qui, au sein de l'environnement, relève des entités physiques de ce qui relève des entités virtuelles. Or, la plupart des dispositifs de réalité augmentée destinés à différents publics proposent des environnements ou des entités virtuelles qu'il est aisé, sur le plan perceptuel, de distinguer de l'environnement physique. Par conséquent, dans quelle mesure ces dispositifs proposent-ils une expérience crédible du point de vue de l'utilisateur malgré son caractère artificiel connu de l'utilisateur ? Dans quelle mesure cette expérience constitue-t-elle, alors, une expérience crédible sans frontières entre le monde réel et le monde virtuel ?

L'hypothèse examinée dans cet article consiste en ceci : la présence personnelle (l'utilisateur a la sensation d'être dans l'environnement) et la présence environnementale (l'utilisateur considère l'environnement perçu comme existant réellement) constituent-elles des variables médiatrices intervenant dans la relation – en l'occurrence causale – entre la co-présence (au sens d'une co-présence entre l'environnement physique, l'utilisateur et les entités virtuelles) et la crédibilité de l'expérience vécue par l'utilisateur ?

Sur la base d'une expérience en réalité augmentée (essayage virtuel de lunettes de soleil) conduite auprès de 115 utilisateurs, un modèle d'équations structurelles permet d'estimer la nature et la force des relations postulées entre ces variables. Ainsi, après avoir précisé le cadre conceptuel, les hypothèses de recherche et la méthodologie utilisée, l'analyse des résultats et de leurs implications seront présentées.

2 Cadre conceptuel et hypothèses de recherche

2.1 Réalisme, crédibilité, présence et réalité augmentée

Réalisme et présence

Sur le plan épistémologique, ce travail prend position relativement à la question du rôle respectif du réalisme vs crédibilité lorsqu'un utilisateur est exposé à un environnement virtuel ou augmenté. En effet, le réalisme de l'environnement ou correspondance est constitué de deux facettes. Il est, en premier lieu, une propriété de l'entité ou de l'environnement produit numériquement : une entité ou un environnement est plus ou moins une copie fidèle ou une simulation d'un objet ou d'un environnement physique. En second lieu, il constitue la finalité ou le choix du concepteur de générer une entité ou un environnement qui, sur le plan de son design, puisse donner l'illusion à l'utilisateur qu'il est en présence d'un objet ou d'un environnement réel tel Zeuxis qui cherche à ôter le voile qui recouvre le tableau de son rival, Parrhasius, alors que le voile est, en fait, peint sur la toile. Dans le champ de la réalité virtuelle ou augmentée, dans ce cas, l'hypothèse sous-jacente est que plus l'entité ou l'environnement est réaliste, plus le niveau de présence ressenti par l'utilisateur est important. Par exemple, sur le plan visuel, le réalisme d'un avatar peut être estimé sur la base du degré de résolution ou des textures (e.g. Latoschik et al., 2017 ; McDonnell et al., 2012). En effet, il a été montré, dès les premiers travaux sur la présence, que le réalisme de l'environnement semble contribuer à augmenter le niveau de présence de l'utilisateur (e.g. Dillon et al., 2001 ; Welch et al., 1996 ; Witmer et Singers, 1998), c'est le cas, par exemple, de la précision des détails (Shim et Kim, 2003). Ainsi, il semblerait que plus l'environnement virtuel ressemble à l'environnement réel qu'il simule, plus fort est le sentiment de présence.

Crédibilité et présence

En dépit des analyses précédentes, au moins deux interrogations peuvent être soulevées. En premier lieu, l'idée de réalisme – qu'il soit visuel, sonore, haptique, etc. – ne peut s'appliquer qu'aux environnements virtuels qui simulent une partie de la réalité. Or, il existe trois types d'environnements virtuels (Fuchs, 2001) : ceux qui cherchent à simuler une partie de la réalité ; ceux qui proposent un environnement symbolique ; ceux qui offrent un univers imaginaire.

Par ailleurs, si la crédibilité accordée à une situation dérivait mécaniquement du caractère réaliste de l'environnement, on ne comprendrait pas pourquoi des environnements non réalistes (i.e. n'ayant pas pour objectif de simuler parfaitement

la réalité ; e.g. un environnement imaginaire dans un jeu en RV) pourraient être crédibles ou, a minima, chercher à l'être.

Cette analyse conduit à un deuxième élément de réflexion : plus que le réalisme, n'est-ce pas la crédibilité qui pourrait contribuer à augmenter le niveau de présence de l'utilisateur même si, selon Maria Sanchez-Vives et Mel Slater (2005, p. 7), « Il est surprenant que les preuves à ce jour n'étaient pas l'affirmation selon laquelle le réalisme visuel est un important facteur contributif à la présence. » ? Car, contrairement au réalisme, la crédibilité n'est pas une propriété d'une entité ou d'un environnement mais un jugement propre à l'utilisateur. En effet, la crédibilité (ou fidélité) constituant le pendant psychologique du réalisme de l'environnement virtuel, peut être défini comme le réalisme perçu ou, plus justement, jugé, de l'environnement virtuel et des actions à accomplir (Burkhardt, 2002).

En clair, c'est moins de réalisme – objectif – de l'environnement virtuel que la fidélité – subjective ou expérientielle (Beckhaus et Lindeman, 2011) – ressentie par le sujet en immersion dans cet environnement qui importe et donc la mesure dans laquelle le sujet juge non pas que l'environnement ressemble à la réalité, mais que la situation qu'il vit est cohérente en elle-même (Skarbez et al., 2017).

Car la crédibilité ne dérive pas mécaniquement ni ne peut se réduire à une copie ou une simulation d'un objet/environnement car ce qui rend ce dernier crédible dépasse largement les propriétés physiques ou « objectives » de l'objet (e.g. forme, couleurs, texture). En ce sens, Lombard et al. (2000) distinguent le « réalisme perceptuel » ou photoréalisme du « réalisme social » qui s'apparente à la crédibilité dans le sens où les auteurs le définissent comme la mesure selon laquelle une représentation médiatisée est plausible ou en ce qu'elle reflète des événements qui se produisent ou pourraient se produire dans le monde non médiatisé.

En d'autres termes, l'illusion produite par le dispositif technique consistant à faire passer une entité ou un environnement virtuel pour une entité ou un environnement réel se révèle, à l'analyse plus complexe.

En effet, Mel Slater (2009) opère une distinction entre deux types d'illusion. En premier lieu, l'illusion d'être là (Place illusion) qui consiste, pour l'utilisateur, à se sentir présent dans l'environnement virtuel parce qu'il se fonde – plus ou moins consciemment – sur les données qui relèvent de la perception sensori-motrice. Il s'agit d'une illusion perceptive. Selon cette acception, l'illusion perceptive peut être produite par le réalisme de l'environnement ou de l'entité considérée. En second lieu, l'auteur identifie un autre type d'illusion : l'illusion de plausibilité (Plausibility illusion). L'illusion produite n'est plus, alors, uniquement générée par les caractéristiques de l'entité ou de l'environnement virtuel, mais par la crédibilité de l'expérience. Comme le relève Judith Guez (2015), cette illusion consiste à croire que ce qui arrive dans le virtuel nous arrive réellement. La crédibilité trouve alors sa source dans la croyance et/ou dans des processus cognitifs, affectifs et conatifs et plus seulement perceptuels.

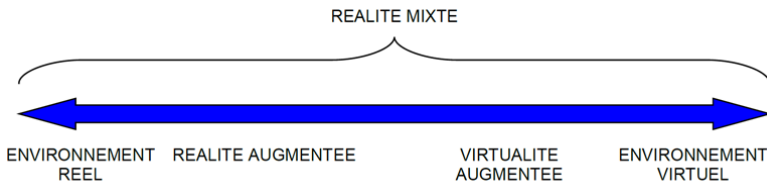
Dans le même sens, Jayesh Pillai, Colin Schmidt et Simon Richir (2013) opèrent un type de distinction similaire entre ce qu'ils nomment l'illusion perceptive et l'illusion psychologique et concluent, à l'instar de Mel Slater (2009), qu'il est nécessaire de combiner ces deux types d'illusions pour provoquer un sentiment de présence chez l'utilisateur.

La réalité augmentée ou comment brouiller les frontières entre le réel et le virtuel

Sur le plan technologique, la réalité augmentée est une technologie qui superpose ou intègre du contenu virtuel au monde réel, avec une interaction en

temps réel (Azuma, 1997). A la différence de la réalité virtuelle dont l'objectif consiste à isoler au maximum l'utilisateur de l'environnement physique – ou, contrôler, dans une certaine mesure, les stimuli en provenance de cet environnement – pour immerger l'utilisateur dans un environnement généré par une machine, la réalité augmentée cherche, au contraire, à s'appuyer sur l'environnement physique en y intégrant des entités virtuelles. Ainsi, même si, sur le plan technique, les interfaces diffèrent – la première cherche à occulter l'environnement physique alors que la seconde cherche à l'intégrer à l'expérience utilisateur, la réalité virtuelle et la réalité augmentée s'inscrivent le long d'un même continuum (Milgram et Kishino, 1994).

Figure 1. *Le continuum réel-virtuel*



(Adapté de Milgram et Kishino, 1994)

Or, malgré ce continuum, une différence importante existe, a minima, en termes de perception, pour l'utilisateur. Car, en effet, les discours tenus à propos de la réalité virtuelle s'appuient généralement sur une croyance – un préjugé de l'opinion ? – selon laquelle, soit, nous percevons un environnement physique, soit, nous percevons un environnement virtuel. Le premier étant considéré comme existant indépendamment de l'utilisateur et d'un quelconque dispositif technique. Le second étant considéré comme dépendant de l'utilisateur et d'un dispositif technique. En somme, pour l'opinion, il paraît exister une frontière entre la réalité et la réalité virtuelle, cette dernière permettant à l'utilisateur de « quitter » le monde « réel » pour rejoindre un monde « virtuel ».

En revanche, s'agissant de la réalité augmentée, la disparition de cette frontière constitue, a priori, une condition de possibilité de l'expérience utilisateur. En effet, par exemple, des entités virtuelles s'intégrant mal à l'environnement relativement à l'objectif du dispositif (e.g. s'y superposant au lieu de s'y insérer) nuiraient à la cohérence et à la crédibilité de l'expérience du point de vue de l'utilisateur. Ainsi, il est nécessaire que l'utilisateur intègre les entités virtuelles à son expérience au même titre qu'il intègre les entités réelles. En clair, quand bien même l'utilisateur peut distinguer les entités réelles des entités virtuelles – et cela peut se révéler nécessaire en fonction, par exemple, de la tâche qu'il a à réaliser – ces dernières ne doivent pas avoir le statut de simples illusions sensorielles, mais s'intégrer en tant qu'éléments signifiants de son expérience. Il est donc nécessaire que l'ensemble des percepts (réels et virtuels) participent de cette expérience. Or, qu'est qui peut, le cas échéant, contribuer à rendre crédible cette expérience mixant des entités différentes ?

2.2 Définition des construits et hypothèses de la recherche

L'hypothèse générale que nous nous proposons de tester empiriquement peut être formulée de la manière suivante : la présence constitue une variable médiatrice intervenant dans la relation causale entre la co-présence et la crédibilité de l'expérience vécue par l'utilisateur.

La co-présence (e.g. Axelsson et al., 2001 ; Bouvier, 2009 ; Hilken et al., 2017 ; Ratan and Hasler, 2009 ; Schroeder et al., 2001 ; Slater et Wilbur, 1997 ; Stevens et

al., 2002 ; Tussyadiah, Jung and Dieck, 2018) est, ici, définie en tant que présence simultanée dans le même espace des entités virtuelles avec lesquelles l'utilisateur peut interagir en temps réel et de l'utilisateur ou, pour reprendre la définition proposée par Stevens et al. (2002, p. 82-83) de ce que les auteurs appellent « présence de l'objet » : « l'expérience d'être co-localisé avec des objets même si ces objets ne sont pas présents dans l'environnement ». La co-présence avec des objets virtuels est, en ce sens, particulièrement appropriée pour des environnements en réalité augmentée.

Quant à la présence, il s'agit d'un concept qui peut revêtir des significations et des opérationnalisations (i.e. mesures) diverses. Elle peut même prendre d'autres noms, comme l'« immersion » et, en même temps, se distinguer de l'immersion sur le plan de la définition (Calleja, 2011). Malgré cela, un consensus paraît exister concernant la définition de la présence comme la sensation d'être là (*the feeling of being there*) même si les questionnaires utilisés pour la mesurer souffrent de limites importantes sur les plans de la validité de contenu et de la qualité psychométrique des échelles (Nannipieri, 2020). La présence constitue, par ailleurs, une illusion perceptive de non-médiation (Lombard et Ditton, 1997) sur la base de la transparence perçue du dispositif. Concernant la distinction entre présence et immersion, étant donné que le format de l'article ne permet pas de rendre compte des controverses existant dans la littérature académique, il est important de préciser que ce travail se fonde sur la distinction assez consensuelle (e.g. Mestre et Fuchs, 2001) selon laquelle l'immersion est une propriété du dispositif (i.e. il existe des dispositifs plus ou moins immersifs sur le plan technique) alors que la présence est un état/processus propre à l'utilisateur. Enfin, la littérature (e.g. Heeter, 1992 ; Baus & Bouchard, 2016 ; Nannipieri, 2017) opère une distinction : la présence n'est pas seulement la présence personnelle (i.e. le sentiment d'être là) mais également la présence environnementale (i.e. le sentiment que l'environnement existe réellement).

Concernant la crédibilité (Burkhardt, 2002), il s'agit d'une illusion psychologique (Pillai, Schmidt et Richir, 2013) ou de plausibilité (Slater, 2009) pouvant être définie comme la mesure selon laquelle l'utilisateur appréhende la situation et, plus globalement, l'expérience qu'il vit comme une expérience cohérente.

Le premier groupe d'hypothèses (H1) consiste à postuler que la co-présence de l'utilisateur avec des entités virtuelles au sein du même environnement avec lesquelles il peut interagir en temps réel constitue une variable susceptible d'influencer positivement le degré de présence personnelle (Hilken et al., 2017 ; Slater et Wilbur, 1997) et de présence environnementale. En effet, il est possible de penser que plus l'utilisateur a la sensation d'être physiquement en présence d'entités, en réalité, virtuelles, plus l'utilisateur aura la sensation d'être réellement présent dans l'environnement (H1a) et plus cet environnement lui semblera exister réellement (H1b).

Même si des auteurs ont montré que le réalisme a un effet positif sur le niveau de présence de l'utilisateur (e.g. Dillon et al., 2001 ; Hvass et al., 2017 ; Witmer et Singers, 1998), des réserves ont été émises à ce sujet (e.g. Burkhardt, 2002 ; Sanchez-Vives et Slater, 2005). En effet, à l'instar de Zimmons et Panter (2003), comme le soulignent Mel Slater (2002) et Maria Sanchez-Vives et Mel Slater (2005), des niveaux identiques de présence ont été mesurés dans des environnements très différents sur le plan visuel : un environnement réaliste vs un environnement pourtant constitué seulement d'indicateurs visuels minimalistes. De la même manière, Meehan et al. (2002) avaient montré qu'il n'existe pas de différence significative en termes de niveau de présence entre deux environnements ayant des

degrés de latence différents. D'où les hypothèses : plus l'utilisateur a la sensation d'être réellement présent dans l'environnement (i.e. présence personnelle), plus son expérience lui semblera crédible (H2a) ; plus l'environnement semble exister réellement pour l'utilisateur (i.e. présence environnementale), plus son expérience lui semblera crédible (H2b).

Le troisième groupe d'hypothèses (H3) se fonde sur l'idée selon laquelle la présence personnelle et la présence environnementale constituent des variables médiatrices de l'effet de la co-présence sur la crédibilité. En effet, des auteurs (e.g. Hilken et al. 2017 ; Yim et al, 2017) ont montré que, dans un environnement en réalité augmentée, la présence constitue une variable médiatrice intervenant au sein de processus de décision. En ce sens, il est possible de formuler les deux hypothèses suivantes : la présence personnelle (l'utilisateur a la sensation d'être dans l'environnement) constitue une variable médiatrice intervenant dans la relation entre la co-présence et la crédibilité de l'expérience vécue par l'utilisateur (H3a) ; la présence environnementale (l'utilisateur considère l'environnement perçu comme existant réellement) constitue une variable médiatrice intervenant dans la relation entre la co-présence et la crédibilité de l'expérience vécue par l'utilisateur (H3b).

3 Méthodologie

3.1 Design de l'étude

Dans un premier temps, l'utilisateur, face à un écran d'ordinateur connecté à une webcam, suit des consignes pour se rendre sur un site web (Afflelou.com) et accéder à l'essayage virtuel (i.e. en réalité augmentée) de lunettes de soleil (Cf. annexe 1). L'avantage de ce site web est, qu'à la différence de la majorité des sites proposant le même service, l'augmentation est permise par une interactivité en temps réel (i.e. les lunettes virtuelles restent sur le visage de l'utilisateur en dépit de ses mouvements). A l'issue d'une vingtaine de minutes, l'utilisateur est invité à renseigner un questionnaire constitué de différentes échelles de mesures.

3.2 Echantillon

Cette étude constitue une première étape, exploratoire, permettant de tester le design de l'étude, de commencer le processus de validation des échelles de mesure et de faire émerger les premiers résultats en termes de modélisation de l'expérience. L'échantillon est dit de convenance : 115 étudiants (f : 49.57% ; h : 50.43%) âgés de 17 à 21 ans (moyenne : 18 ans).

3.3 Méthodologie de traitement des données

La méthodologie se structure en trois étapes. La première consiste à estimer la structure factorielle exploratoire et confirmatoire des échelles de mesures ainsi que leur cohérence interne (α de Cronbach).

La seconde étape consiste à estimer la qualité du modèle de mesure sur le plan d'un certain nombre d'indicateurs statistiques utilisés dans le cadre de la modélisation par les équations structurelles (Cf. Annexe 2).

Après s'être assuré de la qualité du modèle sur la base des indicateurs, il est possible d'examiner la nature du lien (relation significative ou pas de relation significative), le cas échéant, le sens de la relation (influence positive ou influence négative) et, enfin, la force du lien entre les variables (théoriquement de -1 à +1).

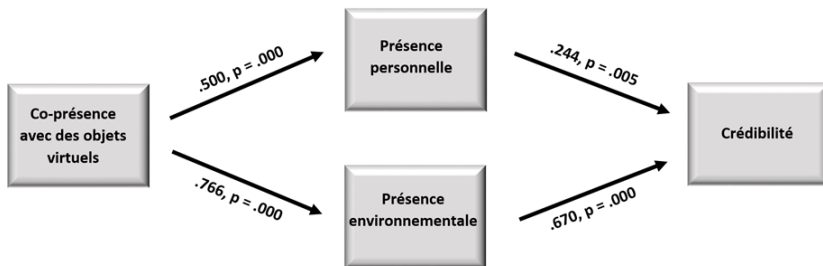
4 Résultats

Les contributions factorielles pour chaque construit sont très satisfaisantes (Cf. annexe 3). La cohérence interne d'une des échelles (.69) est à la limite du seuil toléré (.70) ce qui peut s'expliquer par le fait que le nombre d'items d'une échelle impacte le niveau de l' α de Cronbach : moins il y a d'items, moins l' α est élevé (Streiner, 2003).

Sur un plan strictement descriptif, l'examen des moyennes souligne le fait que les utilisateurs ont accordé une crédibilité moyenne à leur expérience (2.56/5), à l'instar du degré de présence personnelle (2.58) et de co-présence (2.47) avec, en revanche, un degré de présence environnementale plus faible (2.13).

Sur la base de la procédure d'estimation par le maximum de vraisemblance, l'examen des indicateurs permet de conclure à la bonne qualité du modèle malgré la faible taille d'échantillon : ($\text{Chi}^2 = 84.27$; $\text{dl} = 50$; $\text{Chi}^2/\text{dl} = 1.69$; $p = .001$; $\text{RMSEA} = .07$; $\text{RMSR} = .06$; $\text{NFI} = .89$; $\text{NNFI} = .94$; $\text{CFI} = .95$) ce qui permet d'examiner les relations entre les variables (figure 1) :

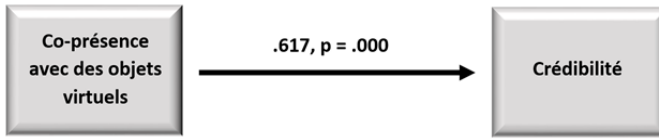
Figure 2. Relations entre les variables avec médiation



Le modèle montre que H1a, H1b, H2a, H2b sont validées. En effet, la co-présence se révèle avoir un effet positif très important sur la présence personnelle (.500, $p = .000$) et sur la présence environnementale (.766, $p = .000$), lesquelles influencent également positivement (respectivement .244, $p = .005$ et .670, $p = .000$) la crédibilité de l'expérience vécue.

S'agissant de H3a (la présence personnelle constitue une variable médiatrice intervenant dans la relation entre la co-présence et la crédibilité de l'expérience vécue par l'utilisateur) et H3b (la présence environnementale constitue une variable médiatrice intervenant dans la relation entre la co-présence et la crédibilité de l'expérience vécue par l'utilisateur), la qualité du modèle pourrait nous engager à valider les hypothèses comme le font généralement les auteurs (e.g. Hilken et al. 2017 ; Yim et al., 2017). En effet, un modèle satisfaisant en regard des indicateurs statistiques n'est pas nécessairement comparé à un modèle alternatif. Or, une des méthodes consiste à comparer le modèle initial à un modèle alternatif sans médiation (figure 2). L'examen des indicateurs de ce modèle alternatif permet de conclure à la bonne qualité du modèle malgré la faible taille d'échantillon ($\text{Chi}^2 = 6.19$; $\text{dl} = 8$; $\text{Chi}^2/\text{dl} = 0.77$; $p = .001$; $\text{RMSR} = .03$; $\text{NFI} = .98$; $\text{NNFI} = 1$; $\text{CFI} = 1$).

Figure 3. Relations entre les variables sans médiation



En regard des indicateurs, la qualité du second modèle est supérieure à celle du premier et la force du lien entre la co-présence et la crédibilité est importante. Ce résultat peut conduire à relativiser le fait que la présence serait un médiateur entre la co-présence et la crédibilité et donc amener à rejeter H3a et H3b. Toutefois, compte tenu de la taille de l'échantillon, ces résultats doivent être considérés avec prudence.

5 Conclusion : discussion et voies de recherche

Lorsqu'un utilisateur fait l'expérience d'un environnement en réalité augmentée où il est co-présent avec des objets virtuels dans l'environnement physique, la distinction entre les entités physiques et numérique ne va plus de soi. S'agissant du site web utilisé dans le cadre de l'étude, l'utilisateur se voit, comme il se voyait dans un miroir, avec des lunettes de soleil qui demeurent sur son visage malgré ses mouvements avec en arrière fond l'environnement physique. Les résultats de cette première étude montrent que la crédibilité de son expérience est très légèrement au-dessus de la moyenne (2.56/5). Une future analyse sur la base de l'intégration dans le modèle de variables modératrices (e.g. sexe, implication à l'égard du produit) pourrait permettre, le cas échéant, d'estimer si cette moyenne ne dissimule pas des différences de scores en fonction des profils des utilisateurs.

En dépit de la faible taille d'échantillon et malgré le fait qu'il s'agisse d'un échantillon de convenance, ce qui constitue les deux principales limites de cette étude qui se veut exploratoire, les modèles testés sont bien ajustés et la force des liens est, pour la quasi-totalité des relations estimées, très importante. En effet, à la différence de la force du lien entre présence personnelle et crédibilité qui est relativement faible (.244, $p = .005$), la force des autres liens est très importante ce qui engage à conclure que les variables en présence ont une influence sur le degré de crédibilité. En particulier, plus l'utilisateur a la sensation que l'environnement existe réellement, plus il confère de la crédibilité à son expérience. Ainsi la présence environnementale a un impact très important sur le degré de crédibilité (.670, $p = .000$). En revanche, l'impact de la présence personnelle est plutôt faible (.244, $p = .005$) : c'est moins le fait de se sentir présent dans un environnement que le fait d'accorder une réalité à cet environnement qui engage l'utilisateur à croire en son expérience. Ainsi, la crédibilité de l'expérience en réalité augmentée serait, dans le cadre de ce modèle, principalement déterminée par la croyance en l'existence de l'environnement.

Par ailleurs, il existe un écart important entre la force de la relation liant la co-présence et la présence personnelle (.500, $p = .000$) et celle liant la co-présence et la présence environnementale (.766, $p = .000$). Sur ce point, en théorie, il était possible de s'attendre à des relations d'un niveau relativement équivalent puisque la co-présence avec des objets virtuels intègre tout autant la présence de l'utilisateur que celle des objets virtuels intégrés dans l'environnement. Il est difficile d'interpréter ces différences. Une hypothèse serait que la force des liens mis en évidence dans ce modèle peut être impactée (modérée par exemple) par d'autres variables (e.g.

focalisation de l'attention, présence comportementale). Ainsi, l'intégration d'autres variables (modératrices, voire explicatives) au modèle pourrait permettre, dans une analyse ultérieure, une meilleure compréhension des différences existant en termes de force du lien entre certaines variables.

Enfin, s'agissant du statut de la présence en tant que variable médiatrice, la question ne peut pas être, actuellement, tranchée. Rejeter les hypothèses selon lesquelles la présence personnelle et environnementale sont des variables médiatrices de la relation entre la co-présence et la crédibilité sur la base d'un critère strictement statistique – le modèle non médié étant un peu mieux ajusté que le modèle médié, serait précipité car il serait difficile de l'argumenter sur le plan théorique. L'examen de la pertinence du modèle médié devra, dans des études ultérieures, analyser des modèles respecifiés intégrant, par exemple d'autres variables explicatives et/ou des variables modératrices permettant une compréhension plus fine des phénomènes en présence.

Enfin, une des pistes de travail consisterait à examiner l'impact de la dimension ludique de ce type de dispositif sur le plan de la crédibilité de l'expérience. Car, même s'il ne s'agit pas d'un jeu, l'introduction de variables telles que le *flow* (Csikszentmihalyi, 1990) ou la dimension *perceived enjoyment* du *Technology Acceptance Model* (Holdack, Lurie-Stoyanov et Fromme, 2022) permettrait de rendre compte de l'expérience de manière plus complète.

Références

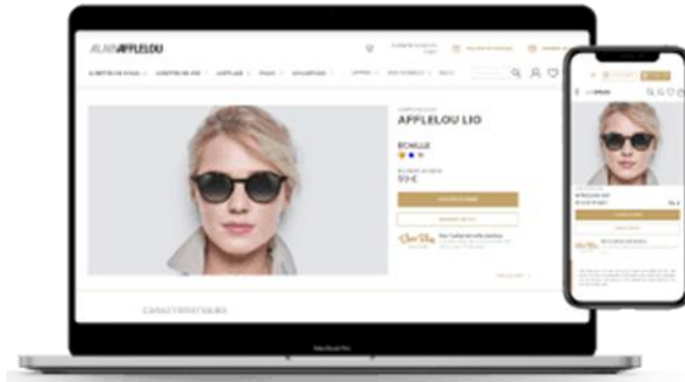
- Axelsson, A.-S., Abelin, A., Heldal, I., Schroeder, R. and Wideström, J. (2001). Cubes in the cube: A comparison of a puzzle-solving task in a virtual and a real environment, *CyberPsychology & Behavior*, april, 4, 2, 279-286.
- Azuma, R. (1997). A Survey of Augmented Reality, *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, August, 6, 4, 355–385.
- Baus, O. and Bouchard, S. 2016. Exposure to an unpleasant odour increases the sense of presence in virtual reality, in Baus, O., L'effet de l'exposition aux stimuli olfactifs sur le sentiment de présence en réalité virtuelle, *Thèse de doctorat en psychologie expérimentale*, Université d'Ottawa (thèse sur articles).
- Beckhaus, S., and Lindeman, R., W. (2011). Experiential fidelity: Leveraging the mind to improve the VR experience, *Virtual Realities* (dir. Brunnett et al., Vienna, Springer, 39-49).
- Bouvier, P. (2009). La présence en réalité virtuelle, une approche centrée utilisateur. *Thèse de doctorat en informatique*, Université Paris Est.
- Burkhardt, J.-M. (2002). Réalité virtuelle et ergonomie : quelques apports réciproques, *Le Travail Humain*, 66, 65-100.
- Calleja, G. (2011). *In-Game: From Immersion to Incorporation*, MIT Press.
- Csikszentmihalyi, M. (1990). *Flow. The psychology of optimal experience*, Harper & Row, NY.
- Dillon, C., Keogh, E., Freeman, J. et Davidoff, J. (2001). Presence: Is your heart in it?, *4th International Workshop on Presence*.
- Fuchs, P. (dir.) (2001). *Traité de la réalité virtuelle*, T1, Presses de l'École des Mines de Paris.
- Guez, J. (2015). Illusions entre le réel et le virtuel (IRV) comme nouvelles formes artistiques : présence et émerveillement, *Thèse de doctorat en esthétique*, Université Paris 8.
- Heeter C. (1992). Being There: The subjective experience of presence, *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 1, 2, pp. 262-271.

- Hilken, T., de Ruyter, K., Chylinski, M., Mahr, D., & Keeling, D. I. (2017). Augmenting the eye of the beholder: Exploring the strategic potential of augmented reality to enhance online service experiences, *Journal of the Academy of Marketing Science*, 45, 6, 884–905.
- Holdack, E., Lurie-Stoyanov, K., and Fromme, H., F. (2022). The role of perceived enjoyment and perceived informativeness in assessing the acceptance of AR wearables, *Journal of Retailing and Consumer Services*, 65, 1-11.
- Hvass, J., Larsen, O., Vendelbo, K. B., Nilsson, N. C., Nordahl, R., Serafin, S. (2017). Visual realism and presence in a virtual reality game, *Psychology 2017 3DTV Conference: The True Vision - Capture, Transmission and Display of 3D Video*, june.
- Latoschik, M. E., Roth, D., Gall, D., Achenbach, J., Waltemate, T., and Botsch, M. (2017). The effect of avatar realism in immersive social virtual realities, *Proceedings of the 23rd ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology*.
- Lombard, M. et Ditton, T., B. (1997). At the heart of it all: The concept of presence, *Journal of Computer Mediated Communication*, 3, 2.
- Lombard, M., Ditton, T., B., Bolmarcich, T., Villanova, Ph., Crane, D., Davis, B., Gil-Egui, G., Horvath, K. and Rossman, J. (2000). Measuring presence: A literature-based approach to the development of a standardized paper-and-pencil instrument. Book *Measuring presence: a literature-based approach to the development of a standardized paper-and-pencil instrument*, *Presence 2000*.
- McDonnell, R., Breidt, M., and Bülthoff, H. H. (2012). Render me real? Investigating the effect of render style on the perception of animated virtual humans, *ACM Trans. Graph.*, 31, 1-11.
- Meehan, M., Razaque, S., Whitton, M.C. et Brooks, F.P. (2002). Effect of latency on presence in stressful virtual environments, *Acm Transactions on Graphics*, 645-652.
- Mestre, D. et Fuchs, P (2001). « Immersion et présence », in *Le traité de la réalité virtuelle*, tome 1, Presses de l'École des Mines de Paris, Paris, 309-338.
- Milgram, P. et Kishino F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays, *IEICE Transactions on Information Systems*, E77-D, 12.
- Nannipieri, O. (2017). *Du réel au virtuel. Les paradoxes de la présence*, Éditions L'Harmattan, collection Ouverture philosophique, février 2017.
- Nannipieri, O. (2020). « Les limites des mesures de la présence dans les environnements immersifs : analyse de la littérature et modélisation par les équations structurelles », *Revue des Interactions Humaines Médiatisées*, 21, 2, 27-57.
- Pillai, J. S., Schmidt, C. and Richir, S. (2013). Achieving presence through evoked reality, *Frontiers in Psychology*, 4, 86, 1-13.
- Ratan, R., A. and Hasler, B. (2009). Self-presence standardized: Introducing the self-presence questionnaire (SPQ), *Proceedings of the 12th annual international workshop on presence*, 81.
- Sanchez-Vives, M., V. and Slater, M. (2005). From presence to consciousness through virtual reality, *Nature Reviews Neuroscience*, 6, 332-339.
- Schroeder, R., Steed, A., Axelsson, A.-S., Haldal, I., Abelin, Å., Wideström, J., Nilsson, A., et Slater, M. (2001). Collaborating in networked immersive spaces: As good as being together? *Computers & Graphics*, 25, 781-788.
- Shim, W. et Kim, G., J. (2003). Designing for presence and performance: the case of the virtual fishtank, *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 12, 4, 374-386.
- Skarbez, R., Brooks, F. P., and Whitton, M. C. (2017). A survey of presence and related concepts, *ACM Comput. Surv.*, 50, 1-39.
- Slater, M. (2002). Presence and the sixth sense, *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 11, 435-439.

- Slater, M. (2009). Place illusion and plausibility can lead to realistic behaviour in immersive virtual environments, *Philosophical transactions of the Royal Society of London*, 364, 1535, 3549-3557.
- Slater, M. and Wilbur, S. (1997). A framework for immersive virtual environments (FIVE): Speculations on the role of presence in virtual environments, *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6, 6, 603–616.
- Stevens, B., Jerrams-Smith, J., Heathcote, D. and Callear, D. (2002). Putting the virtual into reality: Assessing object-presence with projection-augmented models, *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 11, 1, 79–92.
- Streiner, D. L. (2003). Starting at the beginning: An introduction to coefficient alpha and internal consistency, *Journal of Personality Assessment*, 80, 1, 99–103.
- Tussyadiah, L. P., Jung, T. H., & Dieck, M. C. T. (2018). Embodiment of wearable augmented reality technology in tourism experiences, *Journal of Travel Research*, 57, 5, 597-611.
- Welch, R.B., Blackmon, T.T., Liu, A., Mellers, B.A. & Stark, L.W. (1996). The effects of pictorial realism, delay of visual feedback, and observer interactivity and the subjective sense of presence, *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 5, 263-273.
- Witmer, B., G., et Singer, M., J. (1998). Measuring presence in virtual environments: A presence questionnaire, *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 7, 3, 225-240.
- Yim, M., Y.-C., Chu, S.-C. and Sauer, P., L. (2017). Is augmented reality technology an effective tool for e-commerce? An interactivity and vividness perspective, *Journal of Interactive Marketing*, 39, 89-103.
- Zimmons, P. and Panter, A. (2003). The influence of rendering quality on presence and task performance in a virtual environment, *Proceedings of the IEEE Virtual Reality*, 293.

Annexes

Annexe 1 Essayage virtuel du site d'Afflelou



Annexe 2 Indicateurs statistiques utilisés dans la modélisation par les équations structurelles

Concernant les indicateurs de la qualité d'ajustement du modèle, même si la statistique du χ^2 n'est pas une valeur absolue mais relative, il est généralement admis qu'un χ^2 le plus faible possible et qu'un χ^2 divisé par le nombre de degrés de liberté < 5 est satisfaisant.

Le RMSEA (Root Mean Squared Error of Approximation) est une statistique qui rend compte de la mesure dans laquelle le modèle testé s'approche de la matrice de covariance de la population. Empiriquement, il est considéré qu'un RMSEA $< .08$ est satisfaisant.

Le NFI (Normed Fit Index), le NNFI (Non Normed Fit Index) et le CFI (Comparative Fit Index) permettent de comparer le modèle testé au modèle de référence. Empiriquement, il est recommandé que ces indicateurs soient $> .09$.

Le RMSR (Root Mean Square Residual) constitue un indice de la valeur moyenne des résidus du modèle, c'est-à-dire des erreurs observées. Il doit être $< .08$.

Annexe 3 Analyse factorielle exploratoire, cohérence interne et moyenne des construits

Construits	Items	Poids fact.	Val. Prop.	% var.	α	Moy.
Co-présence	Mon visage et les lunettes étaient dans le même environnement	.87	1.54	77	.69	2.47/5
	Les lunettes étaient sur mon visage	.87				
Présence personnelle	J'étais immergé dans cet environnement ou cette expérience	-.84	2.37	79	.86	2.58/5
	J'avais la sensation ou le sentiment d'être dans l'environnement que je voyais	-.91				
	J'avais le sentiment d'être dans cet environnement	-.91				
Présence environnementale	J'avais l'impression que ce que je voyais existait réellement	-.80	2.02	67	.76	2.13/5
	Ce que je voyais était réel	-.83				
	Les lunettes et l'environnement existaient réellement	-.82				
Crédibilité	C'était comme si je portais des lunettes de soleil	-.87	3.10	78	.90	2.56/5
	J'avais vraiment l'impression d'essayer des lunettes de soleil	-.92				
	C'était comme si j'essayais des lunettes de soleil	-.89				
	Je croyais vraiment essayer des lunettes de soleil	-.84				