

L'effet des ambiances sonores interactives sur la sensation de présence spatiale dans un jeu vidéo de type action/aventure

Alexandre Agniel – alexandre.agniel.roux@gmail.com

Travail d'Etude et de Recherche mené dans le cadre du Master 1 JMIN, Parcours Ergonomie

CNAM-ENJMIN, Angoulême, France

Reçu le 09/06/2024

Abstract

Dans la lignée des recherches sur la sensation de présence dans un contexte vidéoludique, le présent article s'attache à essayer d'explorer un sujet peu étudié dans la littérature scientifique actuelle : la relation entre le contenu sonore interactif et la sensation de présence dans les jeux vidéo. Plus spécifiquement, nous avons émis l'hypothèse que les ambiances sonores dans un jeu de type Action/Aventure pourraient amplifier la sensation de présence. Nous effectuons une rapide revue de littérature sur la sensation de présence, ses dimensions, ses déterminants et les techniques existant pour la mesurer, puis nous faisons un inventaire des recherches menées auparavant sur l'interaction entre contenu sonore et sensation de présence. Nous définissons également avec précision le genre Action/Aventure. Dans notre protocole expérimental, nous comparons deux conditions expérimentales : avec ambiances sonores, et sans ambiance sonores. Nous utilisons, pour mettre à l'épreuve ces conditions, le jeu vidéo *A Plague Tale : Requiem*, un jeu vidéo de type Action/Aventure développé par Asobo Studio. La flexibilité et les possibilités de personnalisation de ses paramètres audio nous a permis de créer ces conditions expérimentales, en coupant simplement les ambiances dans le menu d'options pour la condition « sans ambiance ». Les résultats que nous avons obtenus tendent à invalider notre hypothèse, faisant état du fait que les ambiances sonores ne semblent avoir aucun impact sur la sensation de présence. Mais est-ce vraiment le cas ? Nous discutons par la suite des limites de notre étude, et nous donnons aussi plusieurs pistes de réflexion tentant d'expliquer le phénomène.

Mots clés : Jeu-vidéo, Présence, Ambiances Sonores, Action, Aventure

1 – Introduction

Le jeu vidéo en tant que divertissement prend de plus en plus de place dans notre quotidien et a connu une véritable explosion en l'espace de quelques décennies. En effet, selon une étude du *Syndicat des Éditeurs de Logiciels de Loisirs (SELL)*, en France, plus de sept personnes sur dix jouent aux jeux vidéo, au moins occasionnellement. Au niveau mondial, 20% de la population jouait aux jeux vidéo en 1999 contre 50% en 2019. Ainsi, en vingt ans, le nombre de joueurs au global a quasiment quintuplé, passant de 862 millions à 4,8 milliards. De ce fait, les jeux vidéo, et ce qui les rendent si attractifs et divertissants, sont devenus un centre d'intérêt majeur pour la communauté scientifique, notamment pour les chercheurs s'intéressant au concept de présence.

Dans cet article, nous nous intéresserons à l'influence des ambiances sonores interactives sur la sensation de présence dans un jeu vidéo de type Action/Aventure. Dans un premier temps, nous définirons la sensation de présence, et tenterons d'en comprendre ses déterminants. Nous détaillerons également les méthodes actuelles pour la mesurer le plus efficacement possible. Puis, nous catégoriserons les différents types de contenus sonores interactifs existant dans les jeux vidéo, afin de bien cerner et de baliser ce que sont concrètement les « ambiances sonores ». Nous ferons également un inventaire des recherches actuelles sur le sujet de l'implication du son en général dans l'expérience vidéoludique et la sensation de présence. Nous définirons clairement par la suite ce qu'est un jeu vidéo de type Action/Aventure. Puis, nous présentons notre hypothèse ainsi que notre protocole expérimental. Nous discuterons enfin des résultats que nous avons obtenus.

2 – Définitions et contextualisation

Dans cette section, nous nous attacherons à définir les différents concepts autour de notre sujet d'étude.

2.1 – La sensation de présence

Définir la présence n'est pas chose aisée. En effet, il est difficile de trouver dans la littérature une définition qui fasse consensus auprès de tous les chercheurs du domaine. Ceci peut s'expliquer pour plusieurs raisons, et nous nous appuyerons largement sur les travaux de *Felton & Jackson (2022)* pour les identifier.

La première est le caractère très transversal et interdisciplinaire de l'étude académique de la sensation de présence. Elle est par exemple étudiée dans de nombreux domaines d'application tels que les sciences informatiques, le droit, le divertissement numérique, la littérature, l'ontologie et la réalité virtuelle (RV). Il en résulte ainsi une difficulté d'obtenir une définition unifiée tant son champ d'étude est vaste. Ceci représente une grande source d'ambiguïtés quant à la manière de caractériser la présence de manière universelle.

La deuxième est que certaines définitions se concentrent sur les processus psychologiques individuels tels que la perception et la cognition (*Felton & Jackson, 2022*). Par exemple, *Lombard & al. (2000)* définissent la présence comme « l'illusion perceptuelle de non-médiation ». *Sas et O'Hare (2003)* la définissent comme « un phénomène psychologique, au travers duquel les processus cognitifs d'un individu sont orientés vers un autre monde, soit par la médiation technologique, soit par l'imagination, à un point qu'elle fait l'expérience mentale « d'être là » ». Ne les rendant pas pour autant invalides, ces définitions expliquent la manière dont la présence se manifeste sans pour autant s'attarder sur ce qu'est la présence en soit.

Troisièmement, certaines définitions limitent la présence à une expérience strictement vécue dans un environnement artificiel, et induit par un médium technologique. Par exemple, *Baumgartner et al. (2008)* parlent d'une « expérience spatiale égocentrique d'environnements virtuels, ou de réalités virtuelles ». Cependant, nous avons vu que la présence est un phénomène dont l'occurrence ne peut être limitée à des environnements technologiques.

Felton propose une définition globale de la présence, en prenant en compte les points de friction précédemment mentionnés, dans une tentative de généralisation. Elle est la suivante, que nous tentons ici de traduire de sa version anglaise : « **La présence est l'ampleur avec laquelle quelque chose (environnement, personne, objet ou tout autre stimulus) apparaît comme existant dans la même réalité physique que l'observateur.** » Cette définition décrit clairement la présence comme un phénomène psychologique, l'identifie en tant que telle sans l'associer à une quelconque causalité. De plus, elle ne la cantonne pas à une occurrence dans des environnements strictement liés à une quelconque interface technologique. Pour ces raisons, nous la prendrons pour référence afin de caractériser la sensation de présence, car elle réduit le nombre d'ambiguïtés qui pourraient y être associées.

Il existe souvent dans la littérature une confusion entre les termes d'immersion et de présence, renvoyant parfois et de manière réciproque aux mêmes concepts, et utilisés de manière interchangeable. Pour clarifier cette ambiguïté, l'**immersion** est définie par *Kim & Biocca (2018)* comme « le degré d'importance avec lequel les canaux sensoriels sont engagés par la simulation ». Sa composante principale est donc sensorielle, c'est le niveau objectif de fidélité avec lequel un système interactif engage les sens. Comme nous l'avons vu précédemment, la **présence** est la sensation subjective « d'être là », dans le sens où une réalité physique crédible se manifeste

chez l'utilisateur, dans le cas d'un environnement virtuel par une médiation. Ainsi, l'immersion peut être comprise comme un facteur amenant l'utilisateur à ressentir un sentiment de présence.

Cependant, la présence ne se limite pas à sa définition globale et peut être étendue dans plusieurs dimensions que nous allons décrire dans la partie suivante.

2.1.1 – Dimensions

Dans une tentative de mieux caractériser la sensation de présence, Felton et Jackson proposent un modèle à deux dimensions, la divisant ainsi en deux catégories majeures : la présence spatiale et la présence sociale.

La **présence sociale** désigne « le degré avec lequel une autre entité animée semble coexister dans le même environnement que l'utilisateur. » Pour que le sentiment de présence sociale émerge, l'utilisateur doit donc partager un espace virtuel avec une autre entité perçue comme dotée de volonté. Ceci implique que l'entité en question ne doit pas forcément être pourvue d'une conscience humaine, cela peut par exemple être une intelligence artificielle sur laquelle l'utilisateur peut appliquer les normes sociales qu'il a apprises. Notre objet d'étude étant la présence spatiale, nous ne développerons pas plus le concept de présence sociale mais nous nous sommes tout de même attachés à le définir.

La **présence spatiale** est définie comme par ces auteurs comme « le sentiment subjectif d'être physiquement localisé dans l'environnement perçu, et d'être sujet à ses contraintes physiques ». Il s'agirait donc d'être le « visiteur » d'un environnement plutôt qu'un « observateur » devant un écran. Un utilisateur « spatialement présent » aurait ainsi l'impression de se trouver dans l'espace virtuel, sans pour autant y être réellement. Dans cet état, « le médium apparaît comme transparent, comme une fenêtre ouverte, avec l'utilisateur et le contenu du médium partageant le même environnement phy-

sique. » (Lombard & Ditton, 2000). D'autres chercheurs ont suggéré l'existence des types de présence différents s'apparentant à la présence spatiale. Par exemple, Stevens & Jerams-Smith (2001) définissent la *présence d'objet* comme « la sensation subjective qu'un objet existe dans l'environnement propre d'un individu. Heeter (1992) définit la *présence environnementale* comme le « degré avec lequel l'environnement lui-même réagit à l'utilisateur ». En somme, la plupart des recherches convergent vers la pensée que la présence spatiale est une expérience subjective, une conviction ou un état de conscience. Dans cet état, les utilisateurs se sentent physiquement situés dans un environnement virtuel.

Hartmann (2015) a fait un inventaire pertinent de différents développements théoriques liés à la sensation de présence spatiale, qui approfondissent ce concept. Nous allons en reprendre les grandes lignes afin de comprendre plus précisément notre sujet d'étude.

Draper et al. (1998) proposent un modèle attentionnel de la présence spatiale. « la présence peut être interprétée comme un état émergeant de l'allocation de ressources attentionnelles à l'environnement virtuel. Plus un utilisateur alloue de ressources attentionnelles aux stimulus présentés par la médiation, plus il s'identifie à l'environnement virtuel, et plus sa sensation de présence est forte. ». Ainsi, selon ces auteurs, l'attention est une composante clé à la formation d'un sentiment de présence. Les stimuli émanant du système, pourraient ainsi diriger les perceptions sensorielles de l'utilisateur, vers des modèles mentaux similaires à ceux de la réalité.

D'autres chercheurs théorisent justement le rôle central de la perception dans la sensation de présence. Zeltzer (1992) par exemple insiste sur le fait que les fondations de la présence spatiale sont construites sur les *inputs* générés par l'environnement virtuel : « nous sommes immergés dans une très

grande bande passante d'*inputs* sensoriels, organisés par nos systèmes perceptifs, et de ce « bain » de sensations émerge notre sensation d'être dans le monde. » Steuer (2006) quant à lui propose un modèle de la présence basé sur deux propriétés d'un environnement virtuel, la « vivacité » (*vividness*) et l'interactivité. La vivacité est comprise comme étant « la richesse représentationnelle d'un environnement virtuel définie par ses fonctionnalités formelles, c'est-à-dire la manière avec laquelle un environnement présente l'information aux sens ». Ainsi, la vivacité peut se rapporter à la fidélité sensorielle avec laquelle le médium communique les *inputs* à l'utilisateur. L'interactivité, quant à elle, est définie comme « la capacité avec laquelle les utilisateurs peuvent participer à la modification de la forme et du contenu de l'environnement numérique en temps réel ». Steuer relie ces deux notions par le concept de *mapping*, c'est-à-dire la capacité d'un environnement virtuel à répondre naturellement aux actions de l'utilisateur, en lui envoyant des informations sensorielles perçues aussi comme fidèles aux attentes créées par la réalité.

Schubert et al. (2009), quant à eux, conceptualisent la présence spatiale comme le résultat d'une « cognition incarnée » (*embodied cognition*), c'est-à-dire la représentation mentale des possibilités d'action sur l'environnement virtuel : « un environnement virtuel, comme tout environnement, est perçu et compris en combinant de potentiels *patterns* (modèles) d'action. ». Gibson suggère que les possibilités d'action chez l'utilisateur peuvent être déclenchées par des objets induisant des contraintes physiques. Par exemple, ouvrir une porte pour pouvoir entrer dans une pièce pour la quitter est une propriété sur laquelle l'utilisateur peut projeter une possibilité d'action, inhérente à l'objet « porte ». Glenberg (1997) souligne que les possibilités d'action peuvent être influencées par la mémoire. En effet, si quelque chose d'effrayant peut potentiellement se trouver

derrière une porte, l'utilisateur pourrait être tenté de ne pas l'ouvrir. Ainsi, plus l'utilisateur possède de possibilité d'action, plus ses modèles mentaux sont alignés avec la simulation, plus le sentiment de présence est important.

Au travers de notre rapide revue de littérature sur les concepts liés à la sensation de présence spatiale, nous venons de voir que l'attention, la perception, les modèles mentaux mais aussi la mémoire de l'utilisateur sont tout autant de paramètres à prendre en compte pour comprendre l'émergence de la présence. Intéressons-nous à présent à ses déterminants.

2.1.2 – Déterminants

Felton & Jackson proposent de catégoriser les déterminants de la sensation de présence, que nous allons détailler ci-après : les déterminants externes et internes. Leur revue de littérature porte spécifiquement sur la réalité virtuelle, mais leur catégorisation peut tout aussi bien s'appliquer à des environnements virtuels tels que ceux des jeux vidéo, présentant des caractéristiques interactives similaires.

2.1.2.1 – Déterminants externes

Premièrement, les auteurs incluent dans les déterminants externes ceux liés à la **sensorialité** :

- **La vue** : un certain nombre de paramètres liés à la vue entrent en compte dans la sensation de présence. En VR, l'immersion visuelle est l'importance avec laquelle l'affichage (*display*) crée une occlusion entre la vision et le monde réel. Son effet a été documenté par un nombre important de chercheurs et est considéré comme un déterminant majeur de la présence. D'autres caractéristiques visuelles tels que la résolution (le niveau de détail visuel fourni par l'affichage), le champ de vue (la grandeur de l'angle avec lequel l'utilisateur peut observer l'environnement), la fidélité de perception de la profondeur pourraient aussi être des déterminants importants de la sensation de présence.

- **L'ouïe** : les signaux auditifs incluent l'ensemble des qualités sonores d'un environnement virtuel. Des recherches dans le domaine de la réalité virtuelle démontrent que l'addition de contenu sonore dans des environnements sans aucun son augmentent la sensation de présence. (*Freeman & Lessiter, 2001; Poeschl et al., 2013*). L'audio binaural semble aussi avoir un effet positif sur la présence comparé au monaural. (*Hendrix & Barfield, 1995; Vastfjall, 2003*). D'autres recherches semblent aussi pointer vers l'idée que l'augmentation de la complexité de l'environnement sonore créent un effet asymptotique sur la présence. C'est-à-dire que plus on rajoute de contenu sonore, plus l'augmentation de la sensation de présence est faible relativement parlant.

- **Le toucher et la proprioception** : ces sens sont le plus souvent sollicités par ce qu'on appelle les retours haptiques. Ils sont liés à la perception de la pression, de la température, des vibrations... Permettre aux utilisateurs d'interagir physiquement par le toucher et la proprioception avec des objets virtuels et recevoir des *feedbacks* tactiles augmente la sensation de présence (*Bailenson & Yee, 2008; Dinh et al., 1999; Kaul et al., 2017; Sallnas, 1999*).

- **Le goût et l'odorat** : les recherches actuelles concernant l'implication de ces sens dans la sensation de présence restent peu nombreuses. Cela peut s'expliquer par le défi technologique qui représente pour l'instant l'intégration de systèmes impliquant ces sens dans des environnements numériques (*Obrist et al., 2016*). Il est donc difficile de tirer des conclusions significatives sur l'impact qu'ils pourraient avoir sur la présence.

Ainsi, l'ensemble des sens sont théorisés comme ayant un certain degré d'importance dans l'émergence de la sensation de présence. De manière corolaire, les distractions sensorielles venant du monde réel peuvent avoir un impact sur l'allocation des ressources attentionnelles de l'utilisateur, et

par conséquent venir impacter négativement la sensation de présence (*Jerome & Jordan, 2007; Nichols, 1999; Van Schaik et al., 2004; Wang et al., 2006; Witmer & Singer, 1998*).

Deuxièmement, *Felton et Jackson* incluent dans les déterminants externes ceux liés au contenu de l'espace virtuel. Ils y incluent notamment la narration, le réalisme de l'environnement et l'apparence du soi virtuel.

- **La narration** est l'histoire, le scénario mis en œuvre dans l'environnement virtuel. Elle inclut l'apparence du monde, les dialogues entre les personnages, l'univers sonore et l'apparence des personnages. Une narration cohésive tend à augmenter la sensation de présence (*Gorini et al., 2011; Green et al., 2004; Slater & Wilbur, 1997*).

- **La réalisme de l'environnement** est le degré avec lequel l'environnement virtuel est « plausible et reflète des événements qui se passent ou pourraient se passer dans un environnement sans médiation » (*Lombard et al., 2000*). C'est un domaine d'étude peu exploré et jusqu'à présent, aucun lien n'a été établi entre le réalisme de l'environnement et l'augmentation de la sensation de présence (*Hofer et al., 2020; Slater et al., 1994*).

- **L'apparence du soi virtuel**, autrement dit l'avatar du joueur et son apparence peuvent avoir une influence sur le sentiment de présence. Par exemple, des anomalies faciales telles que les yeux ne clignant pas peuvent sortir l'utilisateur de la présence par l'effet de la vallée de l'étrange. La vallée de l'étrange (de l'anglais *uncanny valley*) est une théorie du roboticien japonais *Masahiro Mori* (1970) selon laquelle plus un robot androïde (ou avatar) est similaire à un être humain, plus ses imperfections nous paraissent monstrueuses et absurdes. De plus, la customisation de l'avatar tend à augmenter le sentiment de présence (*Bailey et al., 2009; Ratan et al., 2007*).

2.1.2.2 – Déterminants internes

Les déterminants internes sont centrés sur les caractéristiques personnelles de l'utilisateur. Ils sont principalement psychologiques, démographiques et culturels.

Par exemple, parmi les déterminants psychologiques, on observe chez les utilisateurs des tendances à l'immersion et à la dissociation. *Witmer & Singer (2003)* conceptualisent la tendance à l'immersion comme la capacité de l'utilisateur à faire l'expérience du sentiment de présence dans un « monde irréel ». La dissociation est, pour *Aardema et al. (2010)*, la tendance à un détachement et à un sentiment d'irréalité envers soi-même ou le monde extérieur. Il est difficile d'évaluer l'impact réel de ces tendances sur le sentiment de présence car les résultats obtenus par les chercheurs sont assez divergents, ne permettant pas de conclure assurément à propos de leur influence sur le sentiment de présence.

« L'absorption de trait » (de l'anglais *trait absorption*) est définie comme la tendance d'une personne à devenir complètement engagé dans l'exécution de n'importe quelle tâche (*Tellegen & Atkinson, 1974*). La plupart des recherches au sujet de l'absorption de trait tend à prouver que cette caractéristique augmente le sentiment de présence.

La personnalité, c'est-à-dire la combinaison des traits individuels qui définissent les pensées, émotions et comportements d'une personne semble aussi être un facteur influençant le sentiment de présence sur divers aspects.

Afin de rester succincts et centrés sur notre sujet principal, nous ne détaillerons pas dans cette étude les déterminants démographiques et culturels. Cependant, il convient d'admettre qu'ils peuvent aussi influencer le sentiment de présence sur la base de plusieurs caractéristiques, principalement l'âge, le sexe et le milieu social.

Maintenant que nous avons caractérisé plus en détail les déterminants qui peuvent venir impacter le sentiment de présence, intéressons-nous à présent aux méthodes utilisées pour le mesurer.

2.1.3 – Mesure

Comment le soulignent *Felton et Jackson*, mesurer la présence est une tâche complexe, étant donné que la nature de son vécu est très subjective et interne. Ceci est à l'origine de défis méthodologiques. La présence n'est donc pas directement mesurable, et il est impossible aussi de savoir si les individus ont une expérience commune et généralisable. Ainsi, il est d'avis commun chez les chercheurs du domaine qu'une méthode de mesure complètement valide et largement acceptée n'existe pas encore. Il existe cependant un large éventail de techniques de mesure, dont nous allons faire l'inventaire. Elles sont principalement subjectives, comportementales, physiologiques, neurologiques et basées sur la tâche.

Mesures subjectives – Les mesures subjectives sont globalement les plus utilisées par les chercheurs, et elles reposent sur les retours conscients explicités par l'utilisateur. La mesure subjective la plus commune est le questionnaire. Ils demandent généralement aux utilisateurs de noter leur sentiment de présence en utilisant des échelles de Likert après leur exposition à une situation d'interactivité virtuelle.

Les mesures subjectives ont plusieurs avantages : elles rentrent en accord avec la nature subjective de la présence, en venant la questionner directement au niveau individuel et interne. Il semble ainsi quasi nécessaire d'avoir recours à ce genre de mesure, afin de recueillir la perspective propre de l'utilisateur. De plus, ils sont faciles à mettre en place et il est aisé de les administrer après une session de jeu. Cependant, les mesures subjectives ont aussi leurs limites. Principalement, elles sont sujettes à des erreurs de rappel chez l'utilisateur, car elles interviennent à postero-

ri. De plus, l'expertise du joueur peut entrer en jeu et ses expositions passées à des systèmes interactifs similaires peuvent venir impacter les mesures. Il est aussi possible de questionner leur validité quant à la manière dont ils viennent questionner la présence chez l'utilisateur.

Mesures comportementales – Les mesures comportementales se basent sur un observateur, ou bien un enregistrement des actions et attitudes du joueur durant l'exposition à l'environnement virtuel. Ceci part du postulat que si l'utilisateur fait l'expérience d'un fort sentiment de présence, il se comportera dans l'environnement virtuel comme il le ferait dans le monde réel, tout particulièrement dans le cas de la VR. (*Slater et al., 1996 ; Van Baren & Ijsselstein, 2004*).

Les mesures comportementales ont pour avantage d'offrir une mesure temporellement continue, mettant ainsi en exergue des fluctuations dans le sentiment de présence. Elles sont pratiques et faciles à administrer, car peu invasives comparées à des mesures physiologiques ou neurologiques par exemple. De plus, il est possible de mesurer plusieurs caractéristiques comportementales en même temps aisément. Malgré leurs avantages, les chercheurs emploient rarement les mesures comportementales en comparaison aux mesures subjectives, principalement pour des raisons de questionnement quant à leur validité. Il est par exemple possible de se demander si la posture ou les attitudes du joueur soit bien en corrélation avec l'aspect subjectif de la présence. De plus, des variables peuvent influencer le comportement des joueurs lors de la session d'observation.

Mesures physiologiques et neurologiques – Les mesures physiologiques enregistrent les changements dans la physiologie du joueur, par exemple les fluctuations de son rythme cardiaque, la conductance électrodermale, la température corporelle... Les mesures neurologiques, quant à elles, mesurent directement l'activité cérébrale des utilis-

teurs, en utilisant des techniques comme l'électroencéphalographie. Bien que présentant l'avantage principal de tenter de proposer des méthodes mesurant de manière objective la sensation de présence, elles restent très peu utilisées en raison de la difficulté et des ressources demandées pour mettre en place la réalisation d'études utilisant de tels moyens.

2.2 – Catégorisation des différents types de contenus sonores dans un jeu vidéo

Haehn et al. (2023) proposent une catégorisation en trois types des contenus audio dans les jeux vidéo : La musique, qui met en place l'atmosphère de la scène de jeu, les sons ambients qui caractérisent l'environnement du jeu (comme le vent, les oiseaux par exemple), et les sons des personnages, qui sont les sons produits par les actions des personnages (comme les bruits de pas, les attaques...)

Nous proposerons, dans une tentative d'approfondir ces notions, que les ambiances sonores sont tous les éléments sonores n'étant pas liés à l'action du joueur ou d'autres personnages (joueurs ou non joueurs) dans l'environnement. A l'inverse, les effets sonores sont liés à une interaction dans l'environnement du joueur ou d'autres personnages (joueurs ou non-joueurs).

2.3 – Définir un jeu d'action/aventure

Action – Un jeu d'action met l'emphasis sur les capacités physiques du joueur, notamment sa dextérité, son temps de réaction et sa coordination visuo-motrice. Il inclut une grande variété de sous-genres tels que les jeux de combat, les *Beat'Em Ups*, les jeux de tir (à la première ou à la troisième personne), les jeux de rythme et les jeux de plateformes. Dans un jeu d'action, le joueur contrôle un personnage qui est souvent le protagoniste ou un avatar. Le joueur doit gé-

néralement se déplacer dans un niveau, collecter des objets, éviter des obstacles, combattre des ennemis avec des armes ou des compétences à sa disposition. A la fin du niveau, le joueur doit parfois défaire un *boss*, un ennemi bien plus fort que les autres, lui posant un défi. Les attaques ennemies font la plupart du temps perdre des points de vie au joueur, et c'est le « *game over* » si leur barre de vie ou leur compteur de vies tombe à zéro. Alternativement, le joueur finit le jeu quand il termine une séquence de niveaux différents les uns des autres et atteint un certain objectif. Cependant, les jeux d'arcades par exemple peuvent posséder une infinité de niveaux et être techniquement « interminables ». Le but du jeu pour le joueur est alors d'atteindre le score le plus haut possible.

Aventure – Dans un jeu d'aventure, le joueur a le rôle d'un protagoniste dans une histoire interactive, où son objectif principal sera l'exploration et la résolution de puzzles ou d'énigmes. Ce genre s'appuie et se concentre souvent sur un scénario, ce qui induit qu'il tire ses codes d'autre types de médias basés sur le développement d'une narration, comme la littérature ou le cinéma. La plupart des jeux d'aventure ont un design pensé pour un seul joueur, puisque l'emphasis sur l'histoire et les personnages rend leur aspect multijoueur difficile à mettre en place.

Action/Aventure – Comme on pourrait s'y attendre, un jeu d'action aventure est un genre hybride, qui possède à la fois les caractéristiques d'un jeu d'action et d'un jeu d'aventure. Typiquement, dans un jeu d'aventure, le joueur est confronté à des problèmes situationnels où l'exploration et la résolution d'énigme lui permettront de venir à bout de l'histoire. Dans un jeu d'action, le *gameplay* est basé sur des interactions en temps réel qui viennent solliciter les réflexes et la coordination sensori-motrice du joueur. Les jeux d'action/aventure combinent ces deux genres en engageant à la fois la coordination sensori-motrice et la capacité de résolution de problèmes du joueur.

3 – Méthodologie

3.1 – Hypothèse

Notre revue de littérature nous a permis de définir avec un certain degré de précision la présence en tant que concept, ainsi que d'en dégager ses déterminants. Nous avons aussi catégorisé et encadré les différents types de contenus sonores présents dans les jeux vidéo. Enfin, nous avons expliquait en quoi consistait classiquement un jeu de type action aventure. Ces éléments nous permettent à présent de nous lancer dans la réflexion concernant notre sujet d'étude, l'effet des ambiances sonores sur la sensation de présence dans un jeu de type action/aventure. Nous avons vu que la sensorialité en général ainsi que la perception sont des déterminant du sentiment de présence spatiale. En effet, plus les perceptions engendrées par l'environnement virtuel sont comparables à celles qui pourraient être ressenties dans la réalité, plus la sensation de présence est forte en accord avec les notions de vivacité et d'interactivité de *Steuer (1992)*. Ainsi, nous pouvons supposer que le son, en tant qu'*input* sensoriel, a son rôle à jouer dans la sensation de présence.

H1 : la présence d'ambiances sonores va avoir un impact positif sur la sensation de présence spatiale dans un jeu de type action/aventure.

Pour mettre notre hypothèse à l'épreuve, nous allons utiliser un protocole expérimental dont le jeu *A Plague Tale : Requiem* va être le support interactif.

3.3 – Recrutement des participants

3.3.1 – Méthode

Les participants ont tous été recrutés parmi des étudiants de la 20^{ème} promotion des étudiants en Master 1 JMIN à l'ENJMIN. La grande majorité ont été sollicités sur Discord, et ont dû remplir un questionnaire en indiquant leur nom, leur âge, leur genre ainsi que

leurs disponibilités et moyens de contact. Ce questionnaire nous a permis de récupérer des données démographiques sur nos participants, ainsi que d'organiser au mieux la gestion horaire des sessions de test, en fonction des créneaux de disponibilité des participants.

3.3.2 - Participants

20 participants ont répondu présent pour la passation du protocole expérimental (insérer âge moyen, écart type, variance, % M/F/NB). Ils ont été ensuite répartis aléatoirement dans deux groupes en fonction de leur genre, pour avoir des échantillons le plus représentatifs possible. 10 ont passé la condition contrôle (avec ambiances sonores), et 10 ont passé la condition expérimentale (sans ambiances sonores).

3.2 – Protocole expérimental

3.2.1 – A Plague Tale : Requiem

A Plague Tale : Requiem est un jeu vidéo édité par *Focus Entertainment* et développé par *Asobo Studio*. Le jeu raconte les aventures d'Amicia et de son frère Hugo, porteur d'une malédiction en lien avec la peste noire, dans le royaume de France au XIV^e siècle et en pleine guerre de cent ans. L'action et l'histoire prennent place dans le sud de la France, dans diverses villes de Provence. *A Plague Tale : Requiem* présente toutes les caractéristiques d'un jeu d'action/aventure et peut ainsi être considéré comme tel.

En effet, le joueur a la possibilité de contrôler Amicia et Hugo alternativement, en fonction des phases de jeu. Il doit principalement s'infiltrer dans des niveaux au design complexe en neutralisant ou en évitant des ennemis, avec une composante de résolution de puzzles. Sa dextérité, son sens de l'observation et sa réflexion sont ainsi sollicités. Le joueur progresse dans l'avancée d'un scénario où la narration possède une place centrale, autant pour la résolution de l'intrigue que pour le développement des relations affectives entre les deux personnages.

3.2.2 – Tâche

A Plague Tale : Requiem est un excellent « terrain de jeu » pour notre étude, car c'est un jeu résolument réaliste, malgré quelques éléments fantastiques et magiques. Se déroulant dans le sud de la France, il possède un paysage sonore riche, notamment au niveau des ambiances qui sont très fournies et discernables.

De plus, dans le menu d'options, le jeu offre la possibilité de moduler le volume sonore des ambiances, nous permettant de créer deux conditions pour notre protocole expérimentale :

- une **condition contrôle** dans laquelle le joueur joue avec l'intégralité des sons du jeu à un volume de 100% par défaut, c'est-à-dire la musique, les effets sonores (liés à l'action des personnages), les sons d'interface et les sons ambiants.
- une **condition expérimentale** dans laquelle joue avec tout le paysage sonore (musique, effets sonores et sons d'interface), à l'exception des ambiances, dont le volume est réglé sur 0%.



Fig. 1 : Un paysage du jeu « *A Plague Tale : Requiem* » suggérant un paysage sonore ambiant riche (oiseaux, cigales, vent, rivière...)

Dans le formulaire, nous avons demandé aux participants s'ils avaient déjà joué à *A Plague Tale : Requiem*, et 100% des participants n'y avaient jamais joué. Nous avons jugé ce critère important, car le fait d'avoir déjà été exposé au jeu et de le connaître aurait représenté un biais considérable que nous avons voulu éviter.

Les consignes étaient simples : lancer une nouvelle partie en étant équipé d'un casque audio, avec ou sans sons ambiants en fonction de la condition expérimentale dans laquelle le participant se trouvait. Les participants n'étaient pas mis au courant de la variable altérée au cours de leur session de jeu, qu'ils aient été dans la condition avec ou sans ambiance. Nous avons procédé de cette manière encore une fois pour éviter des biais, et que le joueur ne se focalise pas spécifiquement sur le contenu sonore du jeu.

3.2.3 – Questionnaires

Lors de notre protocole expérimental, nous avons administré deux questionnaires aux participants, un avant la session de jeu, et un autre après

Le premier, administré avant la session de jeu, est le **Video Game Playing Questionnaire** (par Bavelier Lab en collaboration avec C. S. Green, voir Appendix). Le VGPDQ est un questionnaire validé scientifiquement visant à estimer les habitudes de jeu et l'expertise des joueurs dans différents types de jeu répertoriés (tir à la 1^{ère}/3^{ème} personne, action-rpg/aventure, sports/conduite, stratégie en temps réel/moba, jeux de rôle au tour par tour/fantaisie, stratégie au tour par tour/simulation de vie/puzzle, musique, autres). Nous avons jugé pertinent de mesurer le niveau d'expertise des participants, car leur exposition antérieure à des jeux vidéo (notamment les jeux d'action/aventure), pourrait être un facteur modulant leurs attentes quant au contenu d'un jeu vidéo, notamment au niveau du paysage sonore. En effet, si les joueurs ont l'habitude d'être exposés à des environnements sonores interactifs, ils pourraient potentiellement être plus enclins à remarquer la présence ou l'absence d'ambiances sonores, puisqu'ils y auraient déjà été exposés auparavant.

Le deuxième, administré après la session de jeu est le **questionnaire de Dinh et al. (1999)** utilisé dans le cadre d'une expérience sur la sensation de présence spatiale dans un

environnement bureautique en VR, il dresse un inventaire cohérent de questions reliées à la sensation de présence spatiale. Il est composé de 10 items. Un item s'intéresse à la sensation de présence ressentie en pourcentage, et les 9 autres questions approfondissent la première de manière plus détaillée (voir Appendix). Nous discuterons de sa validité dans le chapitre conclusif.

3.3 – Traitement des données

Les données du *Video Game Playing Questionnaire* ont été recueillies sur format papier avant la session de jeu, et retranscrites par la suite dans un tableau sur Canva afin de créer un histogramme des habitudes de jeu sur le genre action/aventure chez les participants.

Les échelles de *Likert* du questionnaire de *Dinh et al.* ont été recueillies sur un document *Google Forms*, et les valeurs ont ensuite été retranscrites dans un tableau sur Jamovi afin d'en extraire des statistiques descriptives, ainsi qu'une analyse statistique des données pour chaque item correspondant au contenu du questionnaire.

4 – Résultats

4.1 – Video Game Playing Questionnaire

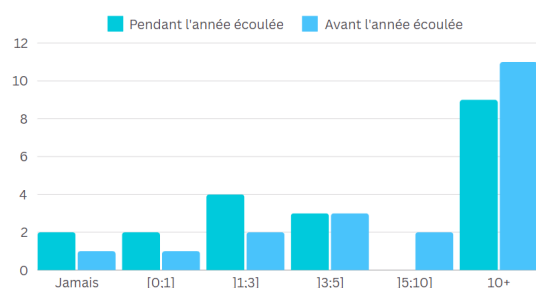


Fig. 2 : Histogramme des habitudes de jeu des participants pour le genre « action/aventure »

L'étude de l'histogramme révèle que plus de la moitié des participants ont au moins joué plus de 10h par semaine à des jeux d'action/aventure au cours de leur vie, dont 9 participants pour l'année en cours. De plus, il

est intéressant de noter que 18 participants sur 20 ont au moins joué entre 0 et 1 heure par semaine à des jeux d'action/aventure, et un seul n'avait jamais joué à ce type de jeu. Ces données indiquent un assez haut niveau d'expertise des participants relativement au genre « action-aventure ».

4.2 – Questionnaire de Dinh et Al.

Statistiques descriptives des groupes

	Groupe	N	Moyenne	Médiane	Ecart-type	Erreur standard
Item 1	Avec	10	4.40	4.00	0.516	0.163
	Sans	10	3.90	4.00	0.568	0.180
Item 2	Avec	10	4.00	4.50	1.155	0.365
	Sans	10	4.30	4.00	0.483	0.153
Item 3	Avec	10	3.80	4.00	0.789	0.249
	Sans	10	4.00	4.50	1.247	0.394
Item 4	Avec	10	4.30	4.50	0.949	0.300
	Sans	10	4.50	4.50	0.527	0.167
Item 5	Avec	10	3.20	3.00	1.317	0.416
	Sans	10	3.10	3.00	1.101	0.348
Item 6	Avec	10	4.20	4.50	0.919	0.291
	Sans	10	4.30	4.00	0.675	0.213
Item 7	Avec	10	2.50	2.50	1.179	0.373
	Sans	10	3.00	3.00	1.155	0.365
Item 8	Avec	10	3.70	4.00	0.949	0.300
	Sans	10	4.00	4.00	0.816	0.258
Item 9	Avec	10	4.30	5.00	0.949	0.300
	Sans	10	4.40	4.50	0.699	0.221
Item 10	Avec	10	71.00	70.00	9.944	3.145
	Sans	10	66.90	71.00	17.597	5.565

Fig. 3 : Statistiques descriptives pour chaque item du questionnaire de *Dinh et al.*, pour les conditions contrôle (avec ambiances sonores) et expérimentale (sans ambiances sonores)

Le tableau ci-dessus fait l'inventaire des statistiques descriptives liées à chacun des items du questionnaire de *Dinh et al.* Nous pouvons y trouver notamment la moyenne, la médiane, l'écart type et l'erreur standard pour les deux groupes « avec ambiances » et « sans ambiances ». De prime abord, les données indiquent de fortes similitudes entre les deux conditions expérimentales.

Test t pour échantillons indépendants

		Statistique	ddl	p
Item 1	t de Student	2.060	18.0	0.027
Item 2	t de Student	-0.758*	18.0	0.771
Item 3	t de Student	-0.429	18.0	0.663
Item 4	t de Student	-0.583	18.0	0.716
Item 5	t de Student	0.184	18.0	0.428
Item 6	t de Student	-0.277	18.0	0.608
Item 7	t de Student	-0.958	18.0	0.825
Item 8	t de Student	-0.758	18.0	0.771
Item 9	t de Student	-0.268	18.0	0.604
Item 10	t de Student	0.641	18.0	0.265

Note. $H_0: \mu_{Avec} = \mu_{Sans}$

* Le test de Levene est significatif ($p < 0.05$), suggérant une violation de la condition d'égalité des variances

Fig. 4 : Test de Student pour chacun des items du questionnaire de Dinh et Al. (voir Appendix pour le détail du contenu du questionnaire)

Les tests de Student pour chaque item du questionnaire ne révèlent une différence significative uniquement pour l'item 1, c'est-à-dire « A quel point vous êtes-vous senti.e présent.e dans l'environnement virtuel ? »

5 – Discussion

5.1 – Validité des résultats

Les résultats obtenus tendent à démontrer que dans le cas du jeu d'action-aventure *A Plague Tale : Requiem*, l'absence d'ambiances sonores **ne semble pas impacter le sentiment de présence et tend donc à invalider notre hypothèse**. En effet, parmi les 10 items du questionnaire de Dinh et al., seul l'item numéro 1, « A quel point vous êtes-vous senti.e présent.e dans l'environnement virtuel ? », indique une différence statistique significative. De plus, il entre en contradiction avec l'item 10, « Globalement, si votre niveau de présence dans le monde réel est "100" notez à quel point vous vous êtes senti.e présent.e dans cet espace virtuel sur une échelle de 0 à 100 ». L'item 10 ne démontre pas de différence significative entre les deux échantillons. Cela semble paradoxal, car les deux items s'intéressent précisément et spécifiquement au sentiment de présence. Ceci

pourrait s'expliquer par le fait que la question de l'item 1 était posée en premier, et celle de l'item 10 en dernier, après avoir répondu à l'intégralité des questions portant sur le sujet de la présence. Enfin, ces deux items semblent, à première vue, mesurer exactement la même chose, mais l'un le fait à l'aide d'une échelle de Likert, et l'autre en fonction d'un pourcentage. Ceci nous amène à questionner la validité même du questionnaire.

En effet, nous avons fait le choix d'utiliser ce questionnaire standardisé car il semblait s'intéresser de manière assez large et globale à la sensation de présence spatiale. Nous avons étudié la possibilité d'utiliser d'autres questionnaires standardisés, cependant la plupart traitent de toutes les dimensions de la présence, notamment la présence sociale. Ils étaient ainsi moins pertinents à utiliser dans le cadre de notre étude, puisque nous nous intéressions spécifiquement à la sensation de présence spatiale. Une critique que l'on pourrait faire au questionnaire de Dinh & al. est qu'il n'est pas scientifiquement validé et qu'il n'a été utilisé dans qu'une seule étude, s'intéressant à la sensation de présence spatiale dans un environnement bureautique en VR. De plus, l'étude date de 1999 et il est important de prendre en compte l'évolution technologique depuis la date où les chercheurs ont mené leur expérience.

5.2 – Retours utilisateurs

Chacune des réponses aux échelles de Likert correspondant aux différents items étaient associées à une réponse libre « commentaires », dans lesquels nous avons recueilli qualitativement les approfondissements des participants concernant leurs réponses. Qualitativement, il n'est rien ressorti de particulier par rapport au son, les individus se concentrant largement plus sur les aspects gameplay et la qualité graphique de l'expérience proposée par *A Plague Tale : Requiem*. Nous pouvons nous demander si le questionnaire utilisé n'était pas trop généraliste, ne permettant ainsi pas de recueillir des données pertinentes

concernant les éléments sonores du jeu. Il est cependant important de bien avoir conscience que le son

De plus, à la fin de la session de jeu, nous avons demandé aux participants ayant passé la condition « sans ambiances », et n'ayant pas remarqué l'absence des sons ambiants (c'est-à-dire 100% des membres du groupe) s'ils étaient capables d'expliquer pourquoi. Deux types de justifications ont été majoritairement données :

La première était que le jeu était suffisamment immersif en tout point pour que l'absence de la présence d'ambiances sonores passe inaperçue. Autrement dit, les sens des utilisateurs étaient assez sollicités pour que malgré l'absence du contenu sonore ambiant ne soit pas à l'origine d'une quelconque dissonance.

La deuxième était le fait d'avoir pris pour acquis le fait que le panel sonore présenté dans la condition « sans ambiances » était complet. Ne pas avoir été exposé au jeu avec la totalité du contenu sonore n'aurait ainsi pas été remarqué par les utilisateurs, étant donné qu'ils n'avaient pas été confronté à la différence entre les deux conditions au préalable. En effet, en leur faisant écouter le paysage sonore complet après qu'ils aient répondu à toutes nos questions, ils arrivaient parfaitement à se rendre compte que les ambiances manquaient, mais assuraient ne pas s'en être rendus compte pendant leur session de jeu. Ceci rejoint en partie l'idée de la première justification à savoir que le jeu stimulait assez les sens des participants pour qu'ils ne se rendent pas compte que « quelque chose » était absent.

5.3 – Conditions de passation

Après écoute sur le système où ont eu lieu les passations, nous avons remarqué que la qualité audio n'était pas optimale, probablement à cause de la qualité moyenne des cartes son des ordinateurs de la salle de *playtest* de l'ENJMIN. C'est un facteur non

négligeable à prendre en compte, puisque la qualité d'écoute semblerait de manière évidente avoir une influence sur la perception et l'appréhension qu'ont pu les participants du son du jeu dans sa globalité. Il paraîtrait capital, pour une prochaine étude, de s'assurer que les conditions d'écoute soient optimales, afin de recueillir des données plus fidèles à la réalité perceptive des participants.

Le public recruté lors des passations est également un point de critique valide concernant notre protocole. En effet, bien que les proportions de diversité de genres aient été respectées lors de l'attribution des participants dans leurs groupes de passation respectifs, ils étaient tous des étudiants du master, et leur nombre était plutôt réduit (20 participants, donc 10 par condition).

6 – Conclusion

Dans cet article, nous nous sommes attachés à montrer que le sentiment de présence était multi-dimensionnel et constituait un sujet d'étude extrêmement vaste. Nous avons pu en dégager ses déterminants et la place majeure de la sensorialité dans sa manifestation, le son y jouant notamment un rôle important. Nous avons également fait l'inventaire des différentes méthodes de mesure du sentiment de présence, et fait le choix de nous orienter vers une technique de mesure subjective pour notre protocole, à travers l'utilisation d'échelles et de questionnaires.

Après avoir catégorisé les différents contenus sonores d'un jeu vidéo, et défini clairement le genre Action/Aventure, nous avons mené notre étude sur A Plague Tale : Requiem, en établissant un protocole dans lequel les participants étaient exposés à deux conditions expérimentales « avec ambiances » et « sans ambiances », afin de savoir si les ambiances sonores dans un jeu vidéo avaient un impact sur la sensation de présence ressentie par les joueurs.

Les résultats obtenus semblent indiquer que leur absence ne semble pas avoir d'impact significatif sur la sensation de présence. Cependant, il serait hâtif d'en conclure qu'elles sont dispensables. En effet, « plus chaque canal sensoriel est occupé par l'environnement virtuel en opposition au monde réel, plus la vivacité (au sens de « *vividness* ») de celui-ci est intense. La présence d'ambiances sonores participe à cette « saturation » des canaux sensoriels et renforce indéniablement un sentiment de réalité cohérente, et ainsi de présence. Il est ainsi important de comprendre que notre étude et les conclusions que nous en tirons ne suggèrent pas de la supprimer, elle tend juste à démontrer que la suppression des ambiances sonores peut passer inaperçue si le système propose de manière inhérente un environnement assez immersif pour le joueur afin qu'il s'y sente présent.

De plus, l'étude de l'impact du son sur le sentiment de présence dans un environnement vidéoludique reste un domaine de recherche très peu exploré, et notre article en constitue une simple ébauche dans son domaine précis. En effet, il se concentre spécifiquement sur les ambiances sonores dans les jeux de type Action/Aventure. Cette spécificité n'avait, d'après nos recherches et notre revue, jamais été explorées auparavant dans la littérature scientifique. De plus amples recherches sont indispensables afin de mieux comprendre les interactions et les mécanismes derrière nos conclusions.

7 – Bibliographie

Aardema, F., O'Connor, K., Côté, S., & Taillon, A. (2010). Virtual Reality Induces Dissociation and Lowers Sense of Presence in Objective Reality. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 13(4), 429-435. <https://doi.org/10.1089/cyber.2009.0164>

Bailenson, J. N., & Yee, N. (2008). Virtual interpersonal touch : Haptic interaction and copresence in collaborative virtual environments. *Multimedia Tools and Applications*, 37(1), 5-14. <https://doi.org/10.1007/s11042-007-0171-2>

Bailey, R., Wise, K., & Bolls, P. (2009). How Avatar Customizability Affects Children's Arousal and Subjective Presence During Junk Food-Sponsored Online Video Games. *CyberPsychology & Behavior*, 12(3), 277-283. <https://doi.org/10.1089/cpb.2008.0292>

Baumgartner, T. (2008). Feeling present in arousing virtual reality worlds : Pre-frontal brain regions differentially orchestrate presence experience in adults and children. *Frontiers in Human Neuroscience*, 2. <https://doi.org/10.3389/neuro.09.008.2008>

Dinh, H. Q., Walker, N., Hodges, L. F., Song, C., & Kobayashi, A. (1999). Evaluating the importance of multi-sensory input on memory and the sense of presence in VEs. In *Proceedings IEEE Virtual Reality (Cat. No. 99CB36316)* (pp. 222–228). IEEE.

Draper, J. V., Kaber, D. B., & Usher, J. M. (1998). Telepresence. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 40(3), 354-375. <https://doi.org/10.1518/001872098779591386>

Felton, W. M., & Jackson, R. E. (2022). Presence : A Review. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 38(1), Article 1. <https://doi.org/10.1080/10447318.2021.1921368>

Freeman, J., & Lessiter, J. (2001). Here, there and everywhere: The effects of multi-channel audio on presence. *Georgia Institute of Technology*.

Glenberg, A. M. (1997). What memory is for. *Behavioral and Brain Sciences*, 20 (1), 1–55.

Gorini, A., Capideville, C. S., De Leo, G., Mantovani, F., & Riva, G. (2011). The Role of Immersion and Narrative in Mediated Presence : The Virtual Hospital Experience. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 14(3), 99-105. <https://doi.org/10.1089/cyber.2010.0100>

Green, M. C., Brock, T. C., & Kaufman, G. F. (2004). Understanding media enjoyment: The role of transportation into narrative worlds.

Haehn, L., Schlittmeier, S. J., & Böffel, C. (2023). Exploring the Impact of Ambient and Character Sounds on Player Experience in Video Games. <https://doi.org/10.20944/preprints202312.0324.v1>

Hartmann, T., Wirth, W., Vorderer, P., Klimmt, C., Schramm, H., & Böcking, S. (2015). Spatial presence theory: State of the art and challenges ahead. *Immersed in Media*, 115–135.

Heeter, C. (1992). Being There : The Subjective Experience of Presence. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 1(2), 262-271. <https://doi.org/10.1162/pres.1992.1.2.262>

Hendrix, C., & Barfield, W. (1995). Presence in VEs as a function of visual and auditory cues. In *Vrais* (p. 74). IEEE.

Hofer, M., Hartmann, T., Eden, A., Ratan, R., & Hahn, L. (2020). The Role of Plausibility in the Experience of Spatial Presence in Virtual Environments. *Frontiers in Virtual Reality*, 1, 2. <https://doi.org/10.3389/frvir.2020.00002>

Jerome, L. W., & Jordan, P. J. (2007). Psychophysiological perspective on presence : The implications of mediated environments on relationships, behavioral health and social construction. *Psychological Services*, 4(2), 75-84. <https://doi.org/10.1037/1541-1559.4.2.75>

Kaul, O. B., Meier, K., & Rohs, M. (2017, September). Increasing presence in virtual reality with a vibrotactile grid around the head. In *IFIP Conference on Human-Computer Interaction* (pp. 289–298). Springer.

Kim, G., & Biocca, F. (2018). Immersion in Virtual Reality Can Increase Exercise Motivation and Physical Performance. In J. Y. C. Chen & G. Fragomeni (Éds.), *Virtual, Augmented and Mixed Reality : Applications in Health, Cultural Heritage, and Industry* (Vol. 10910, p. 94-102). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-91584-5_8

Lombard, M., Ditton, T. B., Crane, D., Davis, B., Gil-Egui, G., Horvath, K., . . . Park, S. (2000). Measuring presence: A literature-based approach to the development of a standardized paper-and-pencil instrument. In *Third international workshop on presence*, Delft, The Netherlands (Vol. 240, pp. 2–4).

Mori, M., "The Uncanny Valley," *Energy*, vol. 7, no. 4, pp. 33–35, 1970 (in Japanese).

Nichols, S., Haldane, C., & Wilson, J. R. (2000). Measurement of presence and its consequences in virtual environments. *International Journal of Human-Computer Studies*, 52(3), 471-491. <https://doi.org/10.1006/ijhc.1999.0343>

Obrist, M., Velasco, C., Vi, C., Ranainghe, N., Israr, A., Cheok, A., Spence, C., & Gopalakrishnakone, P. (2016). Sensing the future of HCI : Touch, taste, and smell user interfaces. *Interactions*, 23(5), 40-49. <https://doi.org/10.1145/2973568>

Poeschl, S., Wall, K., & Doering, N. (2013, March). Integration of spatial sound in

immersive virtual environments an experimental study on effects of spatial sound on presence. In *2013 IEEE Virtual Reality (VR)* (pp. 129–130). IEEE.

Ratan, R., Santa Cruz, M., & Vorderer, P. (2007). Multitasking, presence, and self-presence on the Wii. In *Proceedings of the 10th Annual International Workshop on Presence* (pp. 167–190). Starlab Barcelona SL.

Sallnas, E. L. (1999). Presence in multimodal interfaces. In *2nd International Workshop on Presence* (pp. 6–7). University of Essex.

Sas, C., & O'Hare, G. M. P. (2003). Presence Equation : An Investigation into Cognitive Factors Underlying Presence. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 12(5), 523-537. <https://doi.org/10.1162/105474603322761315>

Schubert, T. W. (2009). A New Conception of Spatial Presence : Once Again, with Feeling. *Communication Theory*, 19(2), 161-187. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2885.2009.01340.x>

Slater, M., Linakis, V., Usoh, M., & Kooper, R. (1996). Immersion, presence, and performance in VEs: An experiment with tri-dimensional chess. In *ACM virtual reality software and technology (VRST)* (Vol. 163, p. 72). ACM Press.

Slater, M., Usoh, M., & Steed, A. (1994). Depth of Presence in Virtual Environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 3(2), 130-144. <https://doi.org/10.1162/pres.1994.3.2.130>

Slater, M., & 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. <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.6.603>

Stevens, B., & Jerrams-Smith, J. (2001). The sense of object-presence with projection-augmented models. In *Haptic Human-Computer Interaction* (pp. 194–198). Springer.

Steuer, J. (1992). Defining virtual reality: Dimensions determining telepresence. *Journal of Communication*, 42 (4), 73–93

Steuer, J. (1992). Defining Virtual Reality : Dimensions Determining Telepresence. *Journal of Communication*, 42(4), 73-93. <https://doi.org/10.1111/j.1460-2466.1992.tb00812.x>

Tellegen, A., & Atkinson, G. (1974). Openness to absorbing and self-altering experiences (« absorption »), a trait related to hypnotic susceptibility. *Journal of Abnormal Psychology*, 83(3), 268-277. <https://doi.org/10.1037/h0036681>

Van Baren, J., & Ijsselstein, W. (2004). Measuring presence: A guide to current measurement approaches (OmniPres project IST-2001-39237, Project Report).

Van Schaik, P., Turnbull, T., Van Wersch, A., & Drummond, S. (2004). Presence Within a Mixed Reality Environment. *CyberPsychology & Behavior*, 7(5), 540-552. <https://doi.org/10.1089/1094931042403145>

Västhjäll, D. (2003). The Subjective Sense of Presence, Emotion Recognition, and Experienced Emotions in Auditory Virtual Environments. *CyberPsychology & Behavior*, 6(2), 181-188. <https://doi.org/10.1089/109493103321640374>

Wang, Y., Otitoju, K., Liu, T., Kim, S., & Bowman, D. A. (2006). Evaluating the effects of real worldreal-world distraction on user performance in VEs. In *Proceedings of the ACM symposium on Virtual reality software and technology* (pp. 19–26). ACM.

Witmer, B. G., & Singer, M. J. (1998). Measuring Presence in Virtual Environments :

A Presence Questionnaire. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 7(3), 225-240.

<https://doi.org/10.1162/105474698565686>

Zeltzer, D. (1992) Autonomy, interaction and presence. *Tele- presence, Presence: Teleoperators and Virtual Environments* (Vol. 1, pp. 127–132. University College London).

8 - Appendix

Video Game Playing Questionnaire : <https://www.unige.ch/fapse/brainlearning/vgq>

Questionnaire de Dinh & al. (traduit de l'anglais) :

Item 1 : A quel point vous êtes-vous senti.e présent.e dans l'environnement virtuel ? (La présence est définie comme "le sentiment d'être là")

Item 2 : A quel point vous êtes-vous senti.e inclus.e dans l'environnement virtuel ? (Dans le sens d'être inclus dans un tout, un ensemble)

Item 3 : A quel point aviez-vous conscience du monde réel vous entourant en évoluant dans l'environnement virtuel ?

Item 4 : Globalement, à quel point l'environnement virtuel vous a-t-il paru réaliste ?

Item 5 : Avec quel degré de réalisme aviez-vous la sensation de pouvoir vous déplacer dans l'environnement virtuel ?

Item 6 : A quel point était-ce facile pour vous d'observer l'environnement virtuel ?

Item 7 : Aviez-vous la sensation de pouvoir atteindre l'environnement virtuel et d'y attraper un objet ?

Item 8 : A quel point vous êtes-vous senti.e en confort dans l'environnement virtuel ?

Item 9 : A quel point avez-vous apprécié évoluer dans cet environnement virtuel ?

Item 10 : Globalement, si votre niveau de présence dans le monde réel est "100" notez à quel point vous vous êtes senti.e présent.e dans cet espace virtuel sur une échelle de 0 à 100