



Science Arts & Métiers (SAM)

is an open access repository that collects the work of Arts et Métiers Institute of Technology researchers and makes it freely available over the web where possible.

This is an author-deposited version published in: <https://sam.ensam.eu>
Handle ID: <http://hdl.handle.net/10985/17419>

To cite this version :

Geoffrey GORISSE, Olivier CHRISTMANN, Simon RICHIR - De la présence à l'incarnation: proposition d'un méta-modèle pour la réalité virtuelle - De la présence à l'incarnation: proposition d'un méta-modèle pour la réalité virtuelle - Vol. 7, n°1, p.94-114 - 2018

Any correspondence concerning this service should be sent to the repository

Administrator : scienceouverte@ensam.eu



De la présence à l'incarnation

Proposition d'un méta-modèle pour la réalité virtuelle

< Geoffrey Gorisse¹ > < Olivier Christmann¹ > < Simon Richir¹ >

1. LAMPA, Arts et Métiers ParisTech Laval
2 Bd du Ronceray, 49000 Angers, France
geoffrey.gorisse@ensam.eu

< RESUME >

Les sentiments de présence et d'incarnation sont deux dimensions centrales de l'expérience utilisateur en environnement virtuel immersif. Suite à une revue de littérature portant sur ces deux concepts, nous en proposons une articulation théorique au sein d'un méta-modèle « Présence – Incarnation ». L'introduction de ce modèle aboutit à la proposition d'un questionnaire permettant l'évaluation subjective des sentiments de présence et d'incarnation d'utilisateurs immergés dans une application de réalité virtuelle. Les implications méthodologiques de ce modèle et ses perspectives applicatives sont ensuite évoquées afin d'introduire la ligne directrice de nos travaux futurs.

< ABSTRACT >

The senses of presence and embodiment are two central dimensions of user experience in immersive virtual environment. Following a literature review on these two concepts, we propose a theoretical articulation in a meta-model entitled “*Presence – Embodiment*”. The introduction of this model leads to the proposal of a questionnaire allowing the subjective evaluation of the senses of presence and embodiment of users immersed in a virtual reality application. Methodological implications of this model and its applicative perspectives are then discussed to introduce the guideline for our future work.

< MOTS-CLES >

Présence, incarnation, immersion, expérience utilisateur, réalité virtuelle.

< KEYWORDS >

Presence, embodiment, immersion, user experience, virtual reality.

1. Environnement virtuel immersif et expérience utilisateur

Le progrès constant des technologies et la démocratisation des systèmes de réalité virtuelle, portée depuis quelques années par l'apparition de périphériques abordables, engendrent une transformation du marché et des pratiques, ce qui nous invite à reconsidérer la manière de penser et de concevoir les expériences en environnement virtuel. En effet, l'acceptation et l'adoption des technologies immersives interactives par le grand public constituent un enjeu crucial devant stimuler l'investigation des facteurs déterminants d'une immersion réussie.

S'il fut une époque où les préoccupations principales des équipes de développement concernaient essentiellement des problématiques techniques, aujourd'hui l'évolution et la simplification des processus de mise en œuvre des dispositifs de réalité virtuelle entraînent de nouvelles considérations. Hier encore, l'objectif résidait dans la production de systèmes opérationnels, quand actuellement les applications se démarquent par leurs usages au travers du contenu des univers et des activités simulés offrant des niveaux d'interactivité inédits. Ainsi, les préoccupations des concepteurs et développeurs de systèmes immersifs en viennent à se focaliser sur la notion centrale *d'expérience utilisateur*.

La modélisation de l'expérience utilisateur en environnement immersif fait l'objet d'investigations pluridisciplinaires. Au-delà de l'informatique, l'applicabilité multiple des dispositifs de réalité virtuelle implique des dimensions psychologiques, ergonomiques... Ainsi, la « modélisation holistique » actuelle de l'expérience utilisateur (Tcha-Tokey et al., 2015) illustre la pluralité des facteurs à considérer. La définition et la stabilisation de ces derniers font toujours l'objet de discussions au sein des différentes communautés étudiant ces concepts (réalité virtuelle, jeu vidéo, etc.). Les recherches sont néanmoins parvenues à identifier différents facteurs prépondérants, tels que l'immersion, l'engagement, la présence ou encore le flow (McMahan, 2003; O'Brien & Toms, 2008; Slater, Lotto et al., 2009; Takatalo et al., 2015).

Dans ce cadre théorique, nos travaux concernent les dimensions et composants constitutifs du concept de présence, afin d'investiguer et de modéliser les intrications identifiées par la littérature entre *présence* et *incarnation* en environnement virtuel immersif. A l'issue d'une revue de littérature abordant ces concepts, nous proposerons de synthétiser et d'agréger les modèles existants au sein d'un méta-modèle. Ce dernier sert de base théorique au développement d'un questionnaire traitant des dimensions identifiées et confirmées grâce à des travaux préparatoires ayant fourni le contexte pour investiguer les relations entre la notion de présence et le sentiment d'incarnation (Gorisse et al., 2017). Cet outil psychométrique devra néanmoins faire l'objet d'une fiabilisation dans le cadre d'expérimentations ultérieures impliquant un panel d'utilisateurs plus conséquent.

2. Le concept de présence

La présence est une notion complexe et non exclusive aux environnements virtuels. Littéralement, la définition de présence renvoie au fait pour quelqu'un ou quelque chose de se trouver physiquement, matériellement en un lieu déterminé, par opposition à l'absence. Afin de conceptualiser la présence appliquée à un média (virtuel ou non), nous devons accepter le fait que cette notion ne soit pas binaire. En effet, le sentiment de présence oscille entre ce nous proposons d'appeler « réalité primaire », celle où nous vivons chaque jour, et « réalité médiatisée », soit ici dans notre contexte de recherche, la réalité virtuelle. Étudier un tel sentiment revient donc à essayer de déterminer par quelle réalité l'utilisateur s'avère principalement affecté.

Le terme présence revêt aujourd'hui différentes acceptions. Dès 1980, Marvin Minsky (Minsky, 1980) introduira la notion de téléprésence, relative à une situation de téléopération ou de contrôle à distance. Ultérieurement, Sheridan (Sheridan, 1992) proposera le terme « présence virtuelle » contextualisant ainsi la notion de présence aux espaces numériques. Lombard et Ditton (Lombard & Ditton, 1997) assimileront quant à eux la présence à l'illusion de non-médiation. Bien qu'à l'heure actuelle il soit encore difficile d'observer un consensus, notamment à cause du caractère pluridisciplinaire des études sur le sujet, il est néanmoins communément accepté de définir la présence comme le sentiment « d'être là » (« *Being there* ») (Heeter, 1992; Slater et al., 1994). Ces théorisations de référence des années 90 ont contribué au

fondement et à l'ancrage de la notion de présence dans de multiples champs disciplinaires, faisant de celle-ci un objet d'étude toujours sujet à de nombreuses investigations.

Le concept de présence, tel que nous venons de l'introduire, s'est vu proposer différentes catégorisations que nous détaillerons par la suite. Cependant, avant de poursuivre notre analyse des composantes internes constituant la présence, il semble nécessaire d'évoquer et de considérer les incidences de notions indissociables telles que l'immersion, chère au domaine de la réalité virtuelle.

2.1 Présence et immersion

La présence étant une des multiples dimensions de l'expérience utilisateur en environnement virtuel, elle est par définition intrinsèquement liée à d'autres notions, telle que l'immersion. Cette notion suscite également de nombreux débats au sein de la communauté scientifique. Bien que très fortement liée à la présence, elle revêt des significations variables suivant les auteurs. Ainsi, Slater (Slater, 1999, 2009; Slater & Wilbur, 1997) définit l'immersion de la manière suivante :

« Façon selon laquelle un système fournit un environnement englobant, excluant les sensations du monde réel, accueillant de nombreuses modalités sensorielles, possédant une riche capacité de représentation... » [Notre traduction¹].

Cette proposition diverge partiellement avec le concept d'immersion psychologique proposé par Witmer et Singer (Witmer & Singer, 1998) :

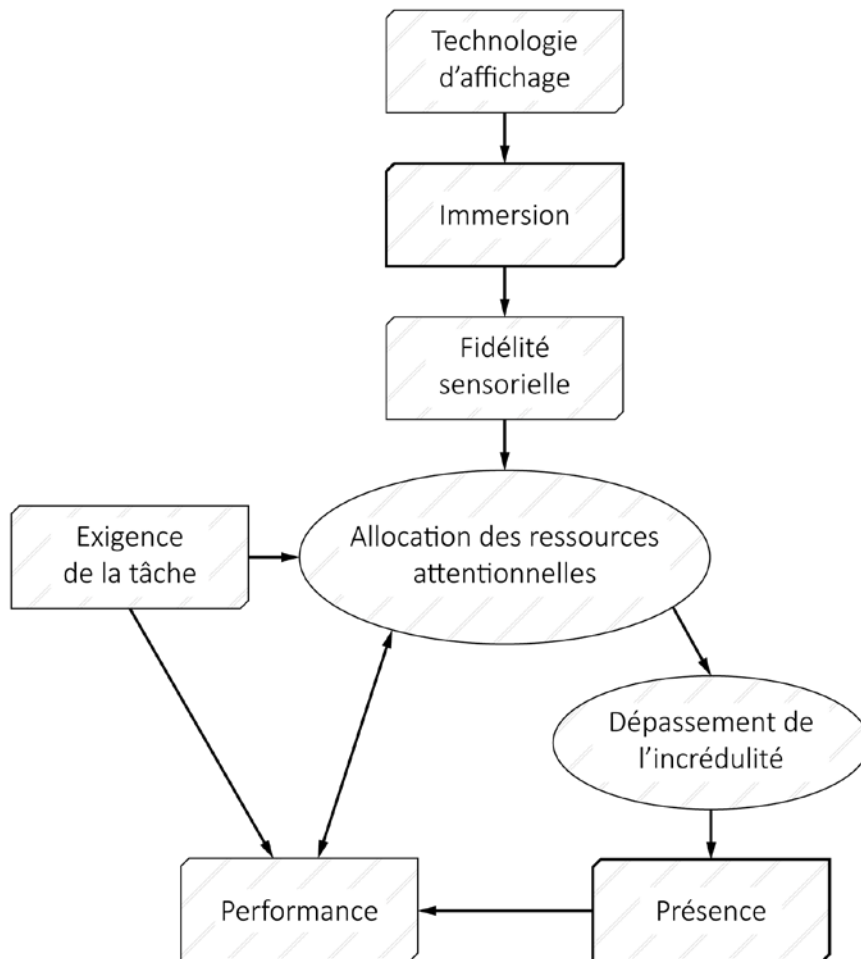
« L'immersion est un état psychologique caractérisé par le fait de se percevoir soi-même enveloppé par, inclus dans, et interagissant avec un environnement fournissant un flux continu de stimuli et d'expériences. Un environnement virtuel produisant un plus grand sentiment d'immersion produira des niveaux plus élevés de présence. » [Notre traduction] (Witmer & Singer, 1998).

¹ Chaque citation résulte d'une traduction proposée par les auteurs de cet article. Se reporter aux articles cités pour les retrouver dans leur contexte original.

Afin de limiter le recouvrement des concepts et l'ambiguïté entourant cette notion, Slater (Slater, 1999) proposera une extension de sa définition d'immersion, considérant l'aspect matériel et logiciel d'un système, qu'il intitulera « immersion technologique ». Ses réflexions démontreront par ailleurs la porosité de la frontière entre les concepts de présence et d'immersion proposés par Witmer et Singer. Les travaux ultérieurs de McMahan (McMahan, 2003) illustrent également ces deux versants de l'immersion, respectivement intitulés immersion perceptuelle et psychologique. La première résulte de la substitution des sensations du monde réel par celles du monde virtuel et la seconde de l'absorption mentale de l'utilisateur (niveau diégétique ou intramondain). Néanmoins, ces définitions soulignent l'impact favorable de l'immersion technologique et psychologique sur le sentiment de présence.

Le modèle *Immersion, Presence, Performance (IPP)* proposé par Bystrom (Bystrom et al., 1999) illustre le lien existant entre immersion technologique et présence. Celui-ci souligne l'influence des composantes technologiques d'un système sur la fidélité des stimulations sensorielles générées par le dispositif sur l'utilisateur. Il illustre également la nécessité d'une allocation d'attention suffisante de la part de l'utilisateur lui permettant de faire abstraction des incohérences de l'environnement virtuel, facilitant ainsi l'émergence du sentiment de présence.

Figure 1 : Modèle de Bystrom Immersion, Presence, Performance (IPP)
(traduction libre).



De par son influence sur la présence (*Figure 1*), la notion d'immersion et le recensement des facteurs technologiques l'influençant se doivent d'être considérés dans nos réflexions. Ainsi, Cummings et Bailenson proposent en 2016 une méta-analyse répertoriant 83 études permettant la classification des facteurs impactant l'immersion en environnement virtuel, résumés ci-après (Cummings & Bailenson, 2016) :

- capture de mouvement : nombre et type de degrés de liberté avec lesquels les mouvements d'un utilisateur sont capturés dans un système ;
- vision : comparaison de la vision stéréoscopique et monoscopique ;
- champ de vision : ouverture du champ de vision dans un casque immersif ou dimension d'un écran ;
- taux de rafraîchissement : nombre d'images par seconde rendues par le système ;
- qualité de l'image : éléments influençant la qualité générale tels que le réalisme, la fidélité visuelle, la résolution, l'éclairage, les textures, etc. ;
- qualité du son : présence ou absence de son, spatialisation, nombre de canaux, etc. ;
- point de vue : comparaison des points de vue (première et troisième personne).

Les résultats de cette méta-analyse permettent d'identifier et de prioriser les aspects d'un système impactant fortement l'immersion, et incidemment la présence, tels que la capture de mouvement (synchronisation visuo-motrice), la vision stéréoscopique, le champ de vision ou encore le taux de rafraîchissement. La qualité visuelle et sonore de l'environnement semble quant à elle avoir une incidence plus modérée.

2.2 Catégorisation du concept de présence

Suite à la qualification des paramètres impactant l'immersion et par conséquent le sentiment de présence, il convient maintenant d'en analyser les composantes intrinsèques. Nous avons constaté que le terme présence est souvent décliné et contextualisé par les auteurs (téléprésence, présence virtuelle, présence médiatisée...). Au-delà des différentes terminologies employées, plusieurs typologies de la présence ont été introduites (Biocca, 1997; Lee, 2004; Lombard & Ditton, 1997). Dans le cadre de nos recherches, nous fonderons notre raisonnement sur la proposition de Lee (Lee, 2004), définissant la présence comme un état psychologique où la virtualité de l'expérience

n'est pas décelée. Ainsi, si nous considérons la présence comme un continuum (intensité du sentiment de présence sujette à des variations continues), alors, à son paroxysme, l'utilisateur ne serait pas en mesure d'identifier la « réalité » dans laquelle il évolue.

Sa réflexion aboutira à la subdivision du concept de présence en trois catégories :

- présence physique/spatiale (*physical/spatial presence*) ;
- présence de soi (*self-presence*) ;
- présence sociale (*social presence*).

Cette décomposition de la présence nous semble pertinente dans la mesure où elle synthétise l'essentiel des dimensions fondamentales auxquelles un utilisateur est confronté lors de l'utilisation d'un média. En effet, la présence spatiale concerne la relation entre l'utilisateur et l'environnement. La présence de soi traite de la construction d'un soi alternatif virtuel, qu'il soit physique ou psychologique (présence d'avatar ou non). Enfin, la présence sociale émerge de la relation avec les acteurs sociaux (avatars et agents autonomes).

La théorie de Lee propose également une catégorisation de la nature de l'expérience virtuelle pouvant être qualifiée de *para-authentique*, dans la mesure où celle-ci conserve un lien avec le monde réel (visioconférence, téléopération, visite virtuelle d'une entité réelle), ou d'*artificielle* si cette dernière est dépourvue d'ancrage à la réalité.

Présence physique/spatiale (spatial presence)

La présence spatiale, bien qu'initialement non définie en ces termes, fait l'objet de la très large majorité des recherches dans le domaine de la présence. En effet, depuis l'introduction du concept, les recherches se sont orientées autour du sentiment « d'être là » (« *being there* »). Ainsi, Lee (Lee, 2004) propose la définition suivante :

« État psychologique dans lequel les objets (para-authentiques ou artificiels) virtuels sont considérés comme des objets réels physiques de manière sensorielle ou non. » [Notre traduction].

Il est à noter que le terme objet est ici utilisé au sens large. En effet, cela désigne les éléments virtuels constituant l'environnement, à l'exception de la représentation de l'utilisateur et des entités sociales.

Ce sentiment sera ultérieurement défini par l'illusion d'être dans un lieu, malgré le fait d'avoir conscience de ne pas y être réellement (« *place illusion* ») (Slater, 2009). D'après l'auteur, trois aspects sont déterminants dans l'émergence et le maintien du sentiment de présence spatiale en environnement virtuel immersif (Slater, 1999), à savoir :

- « Le sentiment « d'être là » dans l'environnement virtuel. » [Notre traduction] ;
- « La façon selon laquelle l'environnement virtuel devient dominant, tel que les utilisateurs auront tendance à répondre à des événements dans l'environnement virtuel plutôt que dans le monde réel. » [Notre traduction] ;
- « La façon selon laquelle les utilisateurs, après l'expérience dans l'environnement virtuel, se rappellent avoir visité un endroit plutôt que d'avoir simplement vu des images d'un monde généré par ordinateur. » [Notre traduction].

Présence sociale (social presence)

« État psychologique dans lequel les acteurs sociaux (para-authentiques ou artificiels) virtuels sont considérés comme des acteurs sociaux réels de manière sensorielle ou non. » [Notre traduction].

La notion de présence sociale ne sera que peu abordée dans ce document, car elle reste en marge de notre recherche qui se consacre à la relation entre l'utilisateur, l'avatar et l'environnement, afin d'élucider l'intrication entre présence et incarnation. Ainsi, nous ne nous étendrons pas ici sur l'étude de la relation avec les acteurs sociaux.

Présence de soi (self-presence)

En 1997, Biocca (Biocca, 1997) introduit la notion de présence de soi (*self-presence*). Il en proposera une définition appliquée aux environnements virtuels :

« Modèle mental des utilisateurs à l'intérieur d'un monde virtuel, concernant leurs corps, leurs états physiologiques, émotionnels, les traits perçus et leurs identités. » [Notre traduction].

Cette définition sera reprise, afin d'être étendue aux autres médias, ne cantonnant plus cette définition aux seuls environnements virtuels :

« État psychologique quand le soi virtuel est vécu comme le soi réel (corps et/ou identité) de manière sensorielle ou non. » [Notre traduction] (Lee, 2004).

Le sentiment de présence de soi peut donc être vécu de différentes manières suivant le média utilisé. Ainsi un lecteur pourra ressentir un fort sentiment d'identification et de projection lors de la lecture d'un ouvrage malgré l'absence de stimulations sensorielles. Cette définition s'applique également pour un système technologiquement avancé, à l'image des dispositifs de réalité virtuelle, générant des stimulations multisensorielles : visuelle, auditive, haptique... D'après cette théorie, l'expérience de soi en environnement virtuel peut être ressentie différemment. Ainsi, une manifestation de notre corps physiquement représentée par l'utilisation d'avatars (complets ou partiels) permettrait un transfert par identification. Il serait également possible de ressentir un sentiment de présence de soi via une projection du point de vue, telle que nous pouvons l'observer actuellement dans de nombreux systèmes de réalité virtuelle ne proposant pas d'entité graphique pour représenter l'utilisateur au sein de l'environnement immersif. Ce processus de projection de soi nous amène à discuter les notions sous-jacentes de transfert corporel et d'incarnation.

3. Le concept d'incarnation

Étymologiquement, la racine latine de l'incarnation (*incarnatus*) est issue de l'association du préfixe « *in* » (« dans ») et « *caro, carnis* » désignant la chair. L'incarnation fait donc référence à l'acte de devenir chair, d'investir un corps. Pragmatiquement, bien qu'il ne soit pas possible de se dissocier physiquement de notre corps réel ni d'en occulter les stimuli provenant du monde extérieur, il fut néanmoins démontré la possibilité de biaiser notre perception lors d'expérimentations portant sur la perception du corps. Ainsi, l'expérience prototypique de la main de caoutchouc a initialement

prouvé qu'il était possible d'engendrer une erreur de perception de la position de notre main réelle tout en induisant un sentiment de possession envers une main factice (Botvinick & Cohen, 1998)².

L'incarnation en environnement virtuel suscite l'intérêt de communautés de chercheurs étudiant différents médias tels que le jeu vidéo (Amato, 2014; Taylor, 2002) ou la réalité virtuelle (Kiltner, Groten, & Slater, 2012; Spanlang et al., 2014). Dans le cadre de notre réflexion, nous considérerons l'expérience de l'incarnation comme un phénomène se manifestant lors du contrôle d'une entité virtuelle représentant l'utilisateur. Ainsi, la théorie du dilemme du Cyborg (Cyborg Dylema) proposée par Biocca (Biocca, 1997) souligne l'importance du corps dans le processus d'identification à soi en environnement virtuel, relevant trois éléments à considérer dans le processus d'incarnation :

- le corps objectif : corps réel de l'utilisateur ;
- le corps virtuel : corps virtuel représenté ou non dans l'univers simulé ;
- le schéma corporel : représentation mentale du corps.

D'après cette théorie, le succès de l'incarnation en environnement virtuel repose donc sur la capacité d'un sujet à transférer son schéma corporel de son corps objectif vers le corps virtuel. Le dilemme réside ici dans l'oscillation du schéma corporel, s'adaptant à l'entité virtuelle contrôlée, pouvant induire en retour des perturbations et des variations de perception du corps réel. Ainsi, le sentiment d'incarnation se manifeste dès lors que les propriétés du corps virtuel sont traitées comme étant celles du corps biologique (Kiltner et al., 2012). Ce processus d'adaptation se décompose en trois dimensions constitutives du sentiment d'incarnation : la localisation de soi, le sentiment d'agentivité et le sentiment de possession.

Localisation de soi (self-location)

La localisation de soi correspond au volume déterminé dans l'espace où l'utilisateur se sent localisé. Plusieurs phénomènes identifiés peuvent

² Nous reviendrons sur les modalités de ce paradigme lors de la présentation des éléments favorisant l'émergence du sentiment de possession.

altérer ce sentiment de localisation. Les études menées dans le cadre des recherches sur les expériences de sortie du corps (Ehrsson, 2007; Lenggenhager et al., 2007) démontrent qu'une stimulation visuo-tactile synchrone permet de provoquer un conflit multisensoriel induisant une erreur de localisation. La manipulation consiste ici à confronter un sujet à sa propre image, via un casque restituant le flux vidéo d'une caméra située derrière celui-ci. Une stimulation visuo-tactile est ensuite répétée sur le corps du sujet déclenchant ainsi un conflit sensoriel entre la perception visuelle et les informations tactiles. Certaines expériences démontrent également qu'il est possible d'adopter le point de vue d'un agent virtuel lors de la confrontation en face à face avec celui-ci, selon différentes stratégies de projection mentale (Thirioux et al., 2009). Par ailleurs, le point de vue utilisé dans les univers virtuels, matérialisé par la position de la caméra, semble également être un facteur déterminant sur cette notion de localisation (Gorisse et al., 2017; Petkova, et al., 2011; Slater et al., 2010).

Le sentiment d'agentivité (agency)

Le sentiment d'agentivité est quant à lui défini par la sensation d'avoir le « contrôle moteur global, incluant l'expérience subjective de l'action, du contrôle, de l'intention, de la sélection motrice et de l'expérience consciente de la volonté. » [Notre traduction] (Blanke & Metzinger, 2009).

L'induction d'un tel sentiment peut donc découler d'une corrélation entre l'intention du sujet et l'action qui en résulte au sein de l'environnement virtuel. À titre d'exemple, la restitution congruente des mouvements d'un sujet permet d'induire un sentiment d'agentivité élevé (Caspar et al., 2015). Il est à noter cependant que de récentes études à ce sujet démontrent qu'il est également possible d'éprouver un tel sentiment envers un corps virtuel, indépendamment du fait que l'action soit réalisée directement par les sujets (Kokkinara et al., 2016; Nagamine et al., 2016). Ainsi, la seule attribution de la responsabilité de l'action pourrait permettre l'induction un tel sentiment.

Le sentiment de possession (ownership)

Le sentiment de possession concerne l'auto-attribution, par l'utilisateur, du corps virtuel ou de l'entité contrôlés. L'émergence de ce sentiment est influencée par différents facteurs tels que les similarités morphologiques du corps (Argelaguet et al., 2016). Ce phénomène

évoqué précédemment fut initialement observé via le paradigme de la main de caoutchouc (RHI) introduit par Botvinik et Cohen (Botvinick & Cohen, 1998). Dans cette expérimentation, il fut démontré qu'une stimulation visuo-tactile synchrone entre une main artificielle et la main réelle d'un sujet permet d'induire un sentiment de possession du membre factice. Dans ce contexte, la stimulation du corps réel utilise la conscience du corps à travers la proprioception, le toucher, la vue, etc. comme un prérequis à l'émergence du sentiment d'incarnation.

Ce paradigme, repris et étendu aux environnements virtuels, démontre la possibilité d'éprouver ce sentiment de possession envers un corps virtuel. Ces études mettent en avant différents facteurs induisant ce sentiment, telles que la synchronisation visuo-tactile (Kokkinara & Slater, 2014; Normand et al., 2011) ou la synchronisation visuo-motrice (Kokkinara & Slater, 2014; Sanchez-Vives et al., 2010). Il s'avère que le ressenti proprioceptif lié au mouvement est un vecteur majeur d'immersion (Cummings & Bailenson, 2016; Slater et al., 2009). En effet, il est démontré que la synchronie visuo-motrice joue un rôle prépondérant dans le processus d'identification entre l'utilisateur et l'avatar (Debarba et al., 2015; Slater et al., 1995). Par conséquent, l'utilisation d'un système de capture de mouvement temps réel favorise l'émergence d'un sentiment de possession envers le corps virtuel (Kokkinara & Slater, 2014). Les études de Slater et Maselli (Maselli & Slater, 2013; Slater et al., 2010) corroborent ces constats et démontrent de plus, qu'à l'instar des études menées sur le sentiment de localisation, la restitution du point de vue dans l'environnement virtuel impacte le sentiment de possession. Leurs travaux mettent ici en exergue une prévalence de la restitution du point de vue à la première personne dans le processus d'incarnation et de possession d'un corps virtuel.

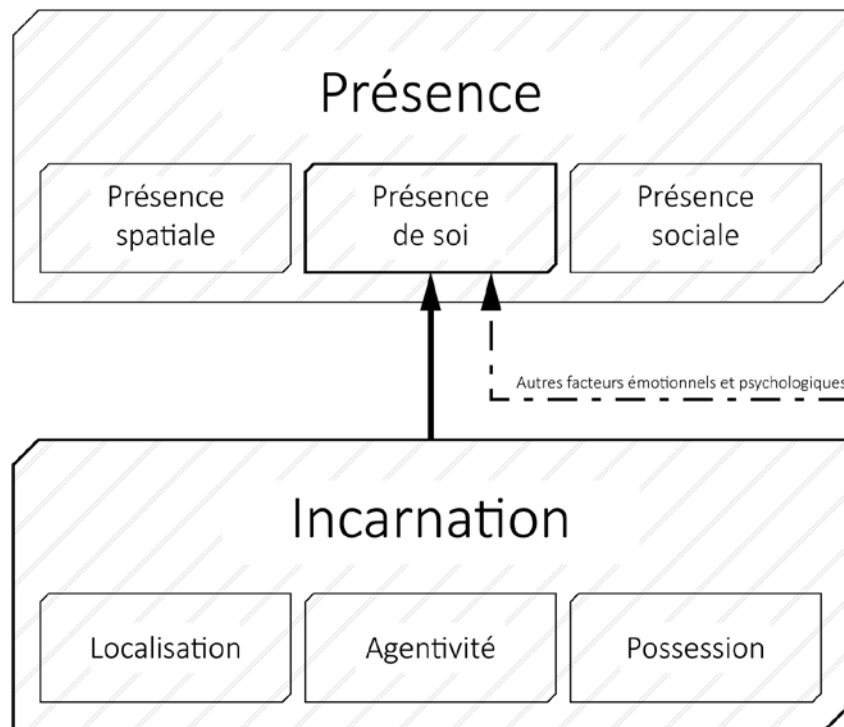
4. Proposition d'un méta-modèle Présence - Incarnation

La présentation des notions de présence et d'incarnation en environnement virtuel immersif illustre l'intrication des deux concepts. En effet, comme suggéré par Kilteni (Kilteni et al., 2012), le sentiment d'incarnation est un des facteurs contribuant à la représentation de soi, rejoignant ainsi la définition de la notion de présence de soi en environnement virtuel initialement proposée par Biocca (Biocca, 1997).

L'identification des similitudes entre les notions de présence de soi et d'incarnation, incluant les facteurs de localisation, d'agentivité et de

possession, nous amène à proposer un modèle théorique agrégé intitulé « Présence Incarnation » illustrant l'inclusion du concept d'incarnation dans la notion de présence de soi.

Figure 2 : Méta-modèle Présence Incarnation



Comme évoqué précédemment et conformément au modèle de Lee (Lee, 2004), les trois dimensions de la présence s'avèrent distinctes. En effet, la présence spatiale concerne le rapport entre l'utilisateur et l'environnement. La présence de soi traite quant à elle de la construction d'un soi alternatif virtuel. Enfin, la présence sociale concerne la relation entre l'utilisateur et les entités sociales (avatars et agents autonomes). De plus, les résultats de notre étude empirique préalable (Gorisse et al., 2017) ne révèlent pas de variation significative de la présence spatiale par rapport aux variations observées concernant le sentiment d'incarnation, confirmant ainsi l'indépendance de ces notions. Conformément aux propos relatés dans l'article de Kilteni (Kilteni et al., 2012), nous considérons que le concept d'incarnation se

focalise sur la relation entre le soi et le corps incarné (ici virtuel). Ainsi, les dimensions de l'incarnation apparaissent comme des éléments prépondérants dans l'émergence du sentiment de présence de soi en environnement immersif.

Nos investigations empiriques actuelles n'étudient cependant pas l'implication d'autres aspects émotionnels et psychologiques (Lee, 2004; Ratan, 2010) pouvant influencer le concept de présence de soi (Kiltani et al., 2012, 382). C'est pourquoi, tel que le suggère la seconde flèche du modèle (flèche non continue), nous préférons laisser la porte ouverte aux réflexions portant sur l'impact divers facteurs, tels que l'immersion psychologique (niveau diégétique), la scénarisation, etc. Ainsi, l'identification et l'étude de ces facteurs demeurent nécessaires afin de parachever la construction du modèle proposé.

Implications méthodologiques et applicatives du méta-modèle

Cet article propose une réflexion théorique autour des composantes intrinsèques du sentiment de présence et d'incarnation, donnant lieu à l'agrégation des modèles existants identifiés dans la littérature. En outre, les propositions faites ici reposent sur une étude de cas préalable permettant d'entamer la validation du méta-modèle. Cette expérimentation porte sur l'impact de la notion de point de vue en environnement immersif en termes de présence, d'incarnation et de performances (Gorisse et al., 2017). L'évaluation des facteurs du modèle proposé repose sur un questionnaire (annexe 1) permettant de recueillir le ressenti subjectif des sujets immergés dans un dispositif de réalité virtuelle. Notre intention ici n'est pas la proposition d'un outil psychométrique fiabilisé, bien que ce dernier se base sur de précédents questionnaires éprouvés. En effet, le panel recruté à l'occasion de l'étude menée n'est pas suffisamment conséquent pour valider statistiquement la structure du questionnaire. La validation de ce dernier devra faire l'objet d'études ultérieures.

Les items de ce questionnaire sont constitués d'échelles sémantiques à cinq points basés sur l'agrégation, la traduction et l'uniformisation de questionnaires existants évaluant les dimensions de notre méta-modèle. Ainsi, la dimension « présence spatiale » constituée des facteurs « localisation environnementale » et « actions possibles » est issue du MEC-SPQ (Vorderer et al., 2004). La dimension « incarnation » du modèle, évaluant les trois facteurs « localisation », « agentivité » et

« possession », se base sur les travaux d'Argelaguet (Argelaguet et al., 2016) et de Debarba (Debarba et al., 2015). Les premières analyses statistiques du questionnaire menées lors de la première étude s'appuyant sur le modèle proposé (Gorisse et al., 2017) semblent démontrer la cohérence interne et la fiabilité des dimensions du questionnaire ($\alpha > 0,8$ pour chacune des dimensions). Cependant, le nombre limité de participants ($n = 28$) nécessite le recours à de nouvelles expérimentations afin de permettre sa validation statistique.

D'un point de vue méthodologique, il est également pertinent d'évaluer les facteurs du modèle proposé via la corrélation des résultats du questionnaire avec ceux d'entretiens post-passation semi-directifs. Ces phases de dialogue offrent la possibilité aux sujets de s'exprimer librement sur l'expérience vécue. Une analyse sémantique des retranscriptions de ces entretiens permet notamment d'identifier les propos récurrents et de recueillir des réflexions potentiellement non évoquées dans les réponses apportées au questionnaire. Ainsi, le croisement de ces analyses permet de rendre compte et de retranscrire au mieux l'expérience vécue par les participants.

Il conviendra d'œuvrer dans un futur proche à la fiabilisation statistique de notre questionnaire, ainsi qu'à l'identification d'autres facteurs influençant le méta-modèle proposé dans cet article. Nous poursuivons nos investigations portant sur l'étude des modalités relatives au processus d'incarnation en environnement virtuel immersif. Ainsi, nos campagnes d'expérimentation actuelles visent à définir l'impact de la fidélité visuelle des avatars sur le sentiment d'incarnation ainsi que sur les inductions comportementales. Via notamment la mise en œuvre de technologies de reconstruction 3D, nous souhaitons observer les modalités d'appropriation de différents avatars présentant un niveau de véracité variable (correspondance entre l'apparence de l'utilisateur et celle du modèle du personnage contrôlé).

Dans ce contexte, nous espérons que l'effort de théorisation des concepts d'incarnation et de présence, ainsi que la proposition d'un modèle et d'un questionnaire associé, contribueront aux investigations futures portant sur l'expérience procurée lors de l'utilisation de systèmes de réalité virtuelle.

Bibliographie

- Amato, É. A. (2014). Pour une théorie unificatrice du jeu vidéo: le modèle analytique de la co-instanciation. *Psychologie Clinique*, (1), 52–66.
- Argelaguet, F., Hoyet, L., Trico, M., & Lecuyer, A. (2016). The role of interaction in virtual embodiment: Effects of the virtual hand representation. In *2016 IEEE Virtual Reality (VR)* (pp. 3–10). Greenville, SC.
- Biocca, F. (1997). The Cyborg's Dilemma: Progressive Embodiment in Virtual Environments. *Journal of Computer-Mediated Communication*, 3(2), 0–0.
- Blanke, O., & Metzinger, T. (2009). Full-body illusions and minimal phenomenal selfhood. *Trends in Cognitive Sciences*, 13(1), 7–13.
- Botvinick, M., & Cohen, J. (1998). Rubber hands' feel'touch that eyes see. *Nature*, 391(6669), 756.
- Bystrom, K.-E., Barfield, W., & Hendrix, C. (1999). A conceptual model of the sense of presence in virtual environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 8(2), 241–244.
- Caspar, E. A., Cleeremans, A., & Haggard, P. (2015). The relationship between human agency and embodiment. *Consciousness and Cognition*, 33, 226–236.
- Cummings, J. J., & Bailenson, J. N. (2016). How immersive is enough? A meta-analysis of the effect of immersive technology on user presence. *Media Psychology*, 19(2), 272–309.
- Debarba, H. G., Molla, E., Herbelin, B., & Boulic, R. (2015). Characterizing embodied interaction in First and Third Person Perspective viewpoints. In *2015 IEEE Symposium on 3D User Interfaces (3DUI)* (pp. 67–72). Arles.
- Ehrsson, H. H. (2007). The experimental induction of out-of-body experiences. *Science*, 317(5841), 1048–1048.
- Gorisse, G., Christmann, O., Amato, E. A., & Richir, S. (2017). First- and Third-Person Perspectives in Immersive Virtual Environments: Presence and Performance Analysis of Embodied Users. *Frontiers in Robotics and AI*, 4, 33.
- Heeter, C. (1992). Being There: The Subjective Experience of Presence. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 1(2), 262–271.
- Kiltner, K., Groten, R., & Slater, M. (2012). The sense of embodiment in virtual reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 21(4), 373–387.
- Kokkinara, E., Kiltner, K., Blom, K. J., & Slater, M. (2016). First Person Perspective of Seated Participants Over a Walking Virtual Body Leads to Illusory Agency Over the Walking. *Scientific Reports*, 6, 28879.

- Kokkinara, E., & Slater, M. (2014). Measuring the effects through time of the influence of visuomotor and visuotactile synchronous stimulation on a virtual body ownership illusion. *Perception*, 43(1), 43–58.
- Lee, K. M. (2004). Presence, explicated. *Communication Theory*, 14(1), 27–50.
- Lenggenhager, B., Tadi, T., Metzinger, T., & Blanke, O. (2007). Video Ergo Sum: Manipulating Bodily Self-Consciousness. *Science*, 317(5841), 1096–1099.
- Lombard, M., & Ditton, T. (1997). At the heart of it all: The concept of presence. *Journal of Computer-Mediated Communication*, 3(2), 0–0.
- Maselli, A., & Slater, M. (2013). The building blocks of the full body ownership illusion. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7(83).
- McMahan, A. (2003). Immersion, engagement and presence. *The Video Game Theory Reader*, 67–86.
- Minsky, M. (1980). Telepresence. *Omni*, 44–51.
- Nagamine, S., Hayashi, Y., Yano, S., & Kondo, T. (2016). An immersive virtual reality system for investigating human bodily self-consciousness. In *2016 Fifth ICT International Student Project Conference (ICT-ISPC)* (pp. 97–100). Nakhon Pathom.
- Normand, J.-M., Giannopoulos, E., Spanlang, B., & Slater, M. (2011). Multisensory stimulation can induce an illusion of larger belly size in immersive virtual reality. *PloS One*, 6(1), 1–11.
- O'Brien, H. L., & Toms, E. G. (2008). What is user engagement? A conceptual framework for defining user engagement with technology. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 59(6), 938–955.
- Petkova, V. I., Khoshnevis, M., & Ehrsson, H. H. (2011). The perspective matters! Multisensory integration in ego-centric reference frames determines full-body ownership. *Frontiers in Psychology*, 2(35).
- Ratan, R. (2010). Self-presence, explicated. In *60th Annual Conference of the International Communication Association* (pp. 22–25).
- Sanchez-Vives, M. V., Spanlang, B., Frisoli, A., Bergamasco, M., & Slater, M. (2010). Virtual Hand Illusion Induced by Visuomotor Correlations. *PloS One*, 5(4), 1–6.
- Sheridan, T. B. (1992). Musings on telepresence and virtual presence. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 1(1), 120–126.
- Slater, M. (1999). Measuring presence: A response to the Witmer and Singer presence questionnaire. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 8(5), 560–565.

- Slater, M. (2009). Place illusion and plausibility can lead to realistic behaviour in immersive virtual environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 364(1535), 3549–3557.
- Slater, M., Lotto, B., Arnold, M. M., & Sánchez-Vives, M. V. (2009). How we experience immersive virtual environments: the concept of presence and its measurement. *Anuario de Psicología / The UB Journal of Psychology*, 40(2), 193–210.
- Slater, M., Marcos, D. P., Ehrsson, H., & Sanchez-Vives, M. V. (2009). Inducing illusory ownership of a virtual body. *Frontiers in Neuroscience*, 3, 214–220.
- Slater, M., Spanlang, B., Sanchez-Vives, M. V., & Blanke, O. (2010). First person experience of body transfer in virtual reality. *PloS One*, 5(5), 1–9.
- Slater, M., Usoh, M., & Steed, A. (1994). Depth of presence in virtual environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 3(2), 130–144.
- Slater, M., Usoh, M., & Steed, A. (1995). Taking Steps: The Influence of a Walking Technique on Presence in Virtual Reality. *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact.*, 2(3), 201–219.
- 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.
- Spanlang, B., Normand, J.-M., Borland, D., Kiltner, K., Giannopoulos, E., Pomés, A., ... Slater, M. (2014). How to Build an Embodiment Lab: Achieving Body Representation Illusions in Virtual Reality. *Frontiers in Robotics and AI*, 1, 9.
- Takatalo, J., Häkkinen, J., & Nyman, G. (2015). Understanding Presence, Involvement, and Flow in Digital Games. In R. Bernhaupt (Ed.), *Game User Experience Evaluation* (pp. 87–111). Cham: Springer International Publishing.
- Taylor, L. N. (2002). Living Digitally: Embodiment in Virtual Worlds. In R. Schroeder (Ed.), *The Social Life of Avatars: Presence and Interaction in Shared Virtual Environments* (pp. 40–62). London: Springer London.
- Tcha-Tokey, K., Loup-Escande, E., Christmann, O., Canac, G., Farin, F., & Richir, S. (2015). Towards a User Experience in Immersive Virtual Environment Model: A Review. In *Proceedings of the 27th Conference on L'Interaction Homme-Machine* (p. 26:1--26:6). New York, NY, USA: ACM.
- Thirioux, B., Jorland, G., Bret, M., Tramus, M.-H., & Berthoz, A. (2009). Walking on a line: A motor paradigm using rotation and reflection symmetry to study mental body transformations. *Brain and Cognition*, 70(2), 191–200.

- Vorderer, P., Wirth, W., Gouveia, F. R., Biocca, F., Saari, T., Jäncke, F., ... others. (2004). MEC spatial presence questionnaire (MEC-SPQ): Short documentation and instructions for application. *Report to the European Community, Project Presence: MEC (IST-2001-37661)*, 3.
- Witmer, B. G., & Singer, M. J. (1998). Measuring presence in virtual environments: A presence questionnaire. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 7(3), 225–240.

Annexe : Questionnaire Présence Incarnation

Présence spatiale

Localisation environnementale

- Dans quelle mesure avez-vous eu l'impression que vous étiez "réellement là" au sein de l'environnement virtuel ?
- Dans quelle mesure avez-vous eu l'impression que les objets de l'environnement virtuel vous entouraient ?
- Dans quelle mesure vous a-t-il semblé que votre position réelle avait changé pour devenir celle de l'environnement virtuel ?
- Dans quelle mesure avez-vous eu l'impression d'être physiquement présent dans l'environnement virtuel ?

Actions possibles

- Dans quelle mesure avez-vous eu l'impression que vous pouviez agir dans l'environnement virtuel ?
- Dans quelle mesure avez-vous eu la sensation de pouvoir vous déplacer parmi les éléments de l'environnement virtuel ?
- Dans quelle mesure les éléments de l'environnement virtuel vous ont donné le sentiment que vous pouviez interagir avec eux ?
- Dans quelle mesure vous a-t-il semblé que vous pouviez faire ce que vous souhaitiez dans l'environnement virtuel ?

Incarnation

Localisation de soi

- Dans quelle mesure avez-vous eu l'impression d'être situé dans le corps virtuel ?
- Dans quelle mesure avez-vous eu l'impression d'être situé à une certaine distance du corps virtuel, comme si vous regardiez quelqu'un d'autre ?

Agentivité

- Dans quelle mesure avez-vous eu l'impression que le corps virtuel bougeait comme vous le vouliez, comme s'il obéissait à votre volonté ?
- Dans quelle mesure avez-vous eu l'impression que le corps virtuel réagissait de la même manière que votre corps ?
- Dans quelle mesure avez-vous eu l'impression de pouvoir interagir avec l'environnement de la manière que vous vouliez ?
- Dans quelle mesure avez-vous eu l'impression de contrôler le corps virtuel comme s'il s'agissait de votre corps réel ?

Possession

- Dans quelle mesure avez-vous eu l'impression que le corps virtuel était votre corps ?
- Dans quelle mesure avez-vous eu l'impression que le corps virtuel était quelqu'un d'autre ?
- Quand quelque chose affectait le corps virtuel, avez-vous eu l'impression que votre corps réel était également affecté ?
- Dans quelle mesure avez-vous oublié votre corps réel au profit du corps virtuel ?