

Pauline de Pechpeyrou

Professeur des universités - Université Paris-Est - IRG (EA 2354)
pauline.de-pechpeyrou@u-pec.fr

Nicolas Boulbes

Ingénieur d'étude - Université de Perpignan Via Domitia, UMR 7194 HNHP, MNHN-CNRS,
EPCC-CERP Tautavel
nicolas.boulbes@cerptautavel.com

Baptiste Kotras

Chargé de recherche - INRAE - LISIS
bkotras@gmail.com

Bernard Quinio

Maître de conférences - Université Paris Nanterre - CEROS
bernard.quinio@parisnanterre.fr

**RECOURIR A DES TECHNOLOGIES IMMERSIVES A DES FINS DE RECHERCHE :
QUAND LES FRICTIONS CONDUISENT A L'APPROPRIATION**

Résumé

Si les technologies immersives ont démontré leur potentiel pour créer de l'engagement avec leur public, peu de travaux se sont intéressés à leur utilisation comme outil de recherche. L'objectif de cette communication est d'approfondir la compréhension de l'appropriation d'un dispositif de réalité virtuelle par des chercheurs en archéologie. L'observation filmée de deux sessions de tests auprès de huit chercheurs conforte la littérature sur l'appropriation des technologies et met en exergue deux résultats plus novateurs : l'importance du vécu du chercheur dans l'appropriation de l'outil et le rôle des frictions comme déclencheur de l'appropriation. Ces résultats ouvrent des pistes de travail et de réflexion pour les chercheurs et praticiens en marketing.

Mots-clés : réalité virtuelle, appropriation, immersion, frictions, innovation

**USING IMMERSIVE TECHNOLOGIES FOR CONDUCTING RESEARCH:
WHEN FRICTIONS LEAD TO APPROPRIATION**

Abstract

While immersive technologies have demonstrated their potential for engaging their public in a rich experience, little is known about their use as a research tool for archeologists. The objective of this paper is to investigate the appropriation process of a virtual reality platform by archeologists. The observation of test sessions of the immersive platform by eight researchers confirms the key role of control and immersion, as already established in the literature. It also points to two less expected results: the importance of the researcher's background in the appropriation process and the role of frictions (with respect to former representations) as a key factor for appropriation. These results give directions for researchers and practitioners in marketing.

Key-words: virtual reality, appropriation, immersion, frictions, innovation

RECOURIR A DES TECHNOLOGIES IMMERSIVES A DES FINS DE RECHERCHE : QUAND LES FRICTIONS CONDUISENT A L'APPROPRIATION

1. Introduction

Les technologies de la réalité virtuelle sont désormais employées par les professionnels du marketing afin de faire vivre aux consommateurs de nouvelles expériences de consommation ou d'achat (Charfi et Volle, 2010 ; Pantano et Laria, 2012). Il a été démontré que l'état de flux (*flow*) conduisait à un meilleur apprentissage, à un comportement plus exploratoire et à des expériences subjectives plus positives (Hoffman et Novak, 1996). Au-delà du contexte marchand, la réalité virtuelle a été introduite pour enrichir l'expérience de visite muséale (Collin-Lachaud et Passebois, 2008), pour former les étudiants en médecine (Prentice, 2005), mais également, plus récemment, dans le domaine de la recherche en archéologie (Cassidy et al., 2019), et en particulier dans le cadre du projet ANR Schopper (Grégoire et al., 2020).

Le projet Schopper, piloté par le CERP¹ (UMR 7194 HNHP) qui est un laboratoire de Préhistoire, a pour objectif de développer des solutions technologiques innovantes, basées sur la réalité virtuelle et l'intelligence artificielle, afin d'étudier les environnements et comportements paléolithiques. Nous ne traitons ici que de la réalité virtuelle dont l'objectif n'est pas seulement d'immerger le chercheur en archéologie dans une représentation de la grotte mais aussi d'apporter une valeur ajoutée à son travail de recherche. Depuis le début du projet, l'outil développé a d'ailleurs subi un grand nombre de modifications suite aux retours et suggestions des chercheurs amenés à utiliser le dispositif.

Les travaux de Carroll et al. (2003) sur l'appropriation des technologies soulignent l'importance d'étudier les technologies dans leur contexte – c'est-à-dire ce que les utilisateurs en font réellement – plutôt que d'interroger les utilisateurs sur ce qu'ils anticipent qu'ils feront avec ces technologies. L'appropriation, définie comme “*la manière dont les utilisateurs évaluent, adoptent, adaptent et intègrent une technologie dans leurs pratiques quotidiennes*” (Carroll et al. 2002), décrit ainsi la transformation d'une technologie telle qu'elle est envisagée par ses concepteurs (*technology-as-designed*) en une technologie telle qu'elle est effectivement utilisée (*technology-in-use*).

L'objectif de cette communication est d'approfondir la compréhension de l'appropriation d'un dispositif immersif par des chercheurs. Plus spécifiquement, nous souhaitons répondre aux questions de recherche suivantes : Quelle est l'importance du vécu de l'utilisateur dans le processus d'appropriation ? Quels éléments, au-delà de facteurs connus tels la facilité d'utilisation ou les bénéfices attendus, en améliorent l'appropriation ? Les résultats de notre étude longitudinale détaillée permettent d'ouvrir des pistes de réflexion pour les chercheurs et praticiens en marketing.

2. Fondements conceptuels de la recherche

Depuis les travaux fondateurs d'Hoffman et Novak (1996) sur les environnements virtuels, une littérature abondante s'est développée sur les états émotionnels et les comportements d'exploration engendrés par l'expérience de (télé)présence vécue par l'utilisateur. Pour autant, peu de recherches

¹ Centre Européen de Recherches Préhistoriques

se sont intéressées à l'utilité que pouvaient représenter des dispositifs immersifs pour des chercheurs. Nous aborderons cette question par le prisme de l'appropriation (Carù et Cova, 2003).

2.1. L'expérience immersive et ses conséquences

L'efficacité des environnements virtuels a souvent été reliée au sentiment de (télé)présence ressenti par les utilisateurs, la présence étant définie comme l'expérience subjective d'être dans un autre environnement que celui où l'on se situe physiquement (Witmer et Singer, 1998). Le consommateur immergé psychologiquement est impliqué, absorbé et totalement engagé (Lombard et Ditton, 1997). Cette (télé)présence est un antécédent à l'état de flux (*flow*), qui conduit à une expérience subjective gratifiante et à un état d'esprit d'ouverture (Hoffman et Novak, 1996). Dans le contexte de l'Atelier des Lumières, lieu culturel entièrement immersif, l'immersion est reliée positivement à la joie ressentie lors de l'expérience, à la surprise agréable, à l'enthousiasme et à l'enchantement (Derbaix, Derbaix et Godini, 2020). Ces réactions affectives jouent également un rôle médiateur entre l'immersion et la satisfaction à l'égard de l'expérience.

L'expérience immersive n'a pas seulement une valeur en elle-même. Dans un contexte marchand, l'immersion est susceptible d'induire des conséquences sur la relation au site et à la marque, en plus des conséquences cognitives ou transactionnelles habituellement repérées (Charfi et Volle, 2010). De manière analogue, au-delà d'un impact positif sur l'image de modernité associé au retailer, le magasin immersif permet au client d'accéder à une information détaillée sur les produits disponibles, ce qui accroît la propension à l'achat (Pantano et Laria, 2012). En revanche, les effets potentiels de l'immersion sur le travail de recherche ont été peu étudiés. Nous proposons de les explorer par le prisme du concept d'appropriation.

2.2. L'appropriation, un construit complexe et multidimensionnel

Au-delà de la simple adoption d'un dispositif technologique, le concept d'appropriation permet ainsi d'inclure le vécu et l'expérience de l'utilisateur. L'utilisateur est alors un acteur qui connaît, maîtrise et rend personnelle son expérience. Il sera alors plus à même de l'améliorer pour en extraire davantage de bénéfices (Mifsud, Cases et N'Goala, 2016 ; Laroum et de Pechpeyrou, 2020). Selon Brunel et Roux (2006), l'appropriation peut être appréhendée selon deux grandes perspectives qui se distinguent par le sens de la relation entre l'individu et l'objet. L'approche descendante, inspirée des travaux de Fischer (1983), consiste en l'exercice d'une autorité, d'un contrôle ou d'un pouvoir (physique ou psychologique) sur un environnement (Carù et Cova, 2003). L'approche récursive conjugue la notion de la possession matérielle avec celle de l'identité individuelle tout en envisageant une forme de réciprocité entre l'individu et l'objet (Mifsud, 2016). S'inscrivant dans la logique récursive de l'appropriation, Mifsud (2016) propose une conceptualisation de l'appropriation d'un service, en tant qu'état psychologique mesurable et composé de cinq grandes dimensions : la connaissance du service, la maîtrise du service, la création, l'adaptation individuelle au service et la possession psychologique du service. Cette conceptualisation traduit des dimensions à la fois cognitives (des savoirs) et comportementales (des pratiques), que nous chercherons à approfondir à travers notre cas d'étude.

3. Présentation du projet ANR Schopper

Le projet ANR Schopper est dédié au gisement préhistorique de la Caune de l’Arago (Sud de la France, P.-O., Tautavel), site en grotte majeur du Paléolithique inférieur. Couvrant 600 000 ans d’histoire et plusieurs cycles climatiques, il doit sa renommée à sa richesse archéologique et ses nombreux restes humains dont le célèbre crâne de « l’Homme de Tautavel » (Lumley et al., 2015 ; Perrenoud et al., 2016). Nous nous intéressons ici uniquement à une partie de ce projet : la visualisation en réalité virtuelle de la grotte et de la base de données associée qui a été réalisée par la société Immersion Tools. Depuis la fin des années soixante, chaque objet archéologique (ossement d’animal, industrie, pierre...) extrait du site est saisi sur un carnet de fouille avec l’identité de la zone et de la couche où il a été trouvé, sa nature, ses coordonnées spatiales (X Y Z), son orientation, son pendage (inclinaison) et ses dimensions. Il est ensuite enregistré dans une base de données développée dans le courant des années 1980 (Pois, 2000). L’étude des objets en laboratoire permet ensuite aux chercheurs de compléter ces premières données de terrains par de nombreuses observations codifiées dans les différents champs de la base de données. Celle-ci comporte à ce jour plus de 600 000 objets dont 400 000 coordonnées correspondant à au moins 55 sols associés ; un sol correspond à un niveau d’occupation de la grotte à une période donnée.

Les archéologues interrogent cette base de données avec des outils qui ont évolué au fil du temps. Ces requêtes servent notamment à extraire des données en filtrant sur les différents champs de la base, à étudier la répartition spatiale des objets, à vérifier la position de remontages (rapprochement de plusieurs morceaux appartenant à un même objet) et à délimiter les sols ou les niveaux d’occupation de la grotte. Avant Schopper, les résultats obtenus ne sont que des tableaux de chiffres et des modes simples de visualisation inertes en 2D ou 3D des différents sols. Avec l’outil de réalité virtuelle développé, le chercheur peut désormais visualiser les résultats de ses requêtes avec un casque de réalité virtuelle et interagir avec ces résultats : il est « immergé » dans le nuage d’objets issus de la fouille. Chaque objet est replacé précisément par ses coordonnées spatiales avec son orientation et son pendage dans la grotte qui a été entièrement scannée. Ces objets sont représentés par des parallélépipèdes dont les dimensions correspondent aux mesures faites au moment de la fouille et dont la couleur indique la nature de l’objet. Certains objets bénéficient par ailleurs d’un scan 3D qu’il est possible de matérialiser à l’écran. Le principe est de lancer une requête via des opérateurs booléens sur les principaux champs de la base en sélectionnant les items désirés avec le laser et en passant par différents menus visibles dans le masque. Les résultats de la requête sont affichés et le chercheur peut ensuite visualiser des informations sur chaque objet, se déplacer – avec les manettes ou en se déplaçant physiquement – dans le nuage d’objets. Enfin une petite interface donne accès à des outils : mesure de distances entre objets, affichage de scan 3D, déplacement par « téléportation », retour au point initial (voir Annexe 1).

4. Matériau et codage

Le matériau exploité dans le cadre de cette communication concerne les sessions d’utilisation de l’outil immersif par huit (sur onze) chercheurs archéologues travaillant sur le projet. Chaque chercheur a testé l’outil à deux reprises : le premier passage a eu lieu entre mai et novembre 2019, le deuxième en mars 2020. Lors de la première session de test, la version de l’outil présentait des problèmes techniques qui en rendaient l’usage difficile. Lors de la deuxième session, sur une nouvelle version de l’outil, les soucis techniques étaient encore nombreux mais moins bloquants.

Chaque utilisation a été intégralement filmée (durée comprise entre 30 et 60 minutes) puis retranscrite (au total 150 pages de retranscription interligne simple²). Une fois sa session terminée, le chercheur concerné laissait ses impressions libres sur un cahier d'observation. En complément de ces observations, des entretiens individuels ont été conduits avec chaque chercheur après son deuxième passage, également retranscrits dans leur intégralité. Les huit chercheurs sont issus de disciplines archéologiques distinctes et ont des caractéristiques différentes qui peuvent impacter les usages d'un masque de réalité virtuelle (profils en Annexe 2). Ils travaillent tous sur le site depuis plusieurs années et connaissent parfaitement la grotte. Durant les deux sessions, chaque test était encadré par des coaches : un des concepteurs de l'outil de réalité virtuelle et/ou un chercheur du CERP qui connaissait bien l'application de VR.

Nous avons suivi une démarche qualitative inductive pour étudier les matériaux collectés. Les retranscriptions des tests de la réalité virtuelle ont été codées via Nvivo 12. Une grille de codage large de 48 codes a été élaborée par trois auteurs de manière inductive et itérative puis testée de manière croisée sur quelques observations, avant d'être utilisée sur l'ensemble des tests. L'analyse du matériau a donné lieu à environ 1500 codages (Annexe 3). Les autres sources (entretiens, cahier d'observation, mails, compte-rendu de réunion) ont été utilisées à des fins de triangulation.

5. Résultats

Nous retrouvons, de manière explicite, les facteurs classiques favorisant ou freinant l'adoption et l'appropriation des technologies (Davis, 1989 ; Held et Durlach, 1992 ; Witmer et Singer, 1998). Du côté positif, les bénéfices attendus (codes « rapidité » ou « autonomie ») contribuent à accroître l'utilité associée à la technologie. Du côté négatif, l'absence de contrôle (95 mentions en session 2), un feedback lent (18 mentions) ou les discontinuités dans la réalisation de tâches successives (6 mentions) conduisent à des émotions négatives telles que la frustration et freinent le processus d'appropriation, le chercheur pouvant être amené à interrompre sa requête. Au-delà de ces résultats qui confortent la littérature sur l'appropriation des technologies, notre analyse met en exergue deux résultats plus novateurs que nous développons par la suite : l'importance du vécu du chercheur dans l'appropriation de l'outil de VR et le rôle des frictions comme déclencheur de l'appropriation.

5.1. L'importance du vécu dans l'appropriation d'une technologie

Une première étape dans l'appropriation du dispositif consiste en l'**exploration des fonctionnalités** proposées. Les actions réalisées par chacun des testeurs sont fortement influencées par leurs centres d'intérêt de chercheur, leurs expériences précédentes (jeux vidéo, utilisation de la 3D), leurs caractéristiques physiques (port de lunettes notamment) et leur caractère.

Chercheur9 est paléoanthropologue, dont le travail s'appuie essentiellement sur les restes humains. Il est critique sur certains aspects du projet et très précis dans ses observations et remarques. Il porte des lunettes qui le gênent dans l'utilisation du masque.

Chercheur9. Attends, je vais juste essayer vite fait sans mes lunettes. C'est marrant, ça change beaucoup la netteté, selon comment je bouge le casque de pas grand-chose.

² Lors des sessions de test, le chercheur était invité à commenter à voix haute ses actions et ses impressions sur l'outil de réalité virtuelle. Les propos du chercheur (et, le cas échéant, du coach) ont été intégralement retranscrits, de même que les déplacements et mouvements effectués.

Checheur4 est une palynologue peu adepte des jeux vidéo ce qui la stresse un peu à la première utilisation. Elle sera au final une très bonne utilisatrice car elle est très motivée sur ce projet.

Checheur4. Ah génial, super ! [Chercheur4 est enthousiaste car elle y est arrivée³].

Coach1. Et tu disais que tu n'avais jamais manipulé ce genre de chose ?

Checheur4. Non ! Ah si, j'avais fait une fois avec un pote qui aime ce genre de truc, mais...mais sinon c'est tout. Je voudrais le sol... le sol O. O1, O2, O3 [unités archéostratigraphiques du sol O]. Si je veux les trois ensembles ?

Chercheur8 est sédimentologue, adepte des jeux vidéo, il est vite à l'aise et son caractère curieux lui fait utiliser la VR pour faire de requêtes originales. Il demande ici des objets par date de fouille, ce qui va entraîner plusieurs minutes d'essais erreurs et donc d'apprentissage.

Coach2. Du coup, tu as activé quel champ ?

Checheur8. « Trouvé », par date, voir les objets dans une campagne par exemple [il parle manifestement du champ de la base de données qui indique la date à laquelle a été trouvé chaque artefact. C'est une requête originale par rapport à tous les autres qui font plutôt par sol et type d'objet].

Chercheur1 est paléontologue, elle connaît très bien les os qui l'intéressent et va vite retrouver les plus intéressants juste en voyant les parallélépipèdes de couleurs affichés dans le masque. Autre caractéristique, elle est gauchère ce qui ne facilite pas certaines sélections avec les manettes.

Checheur1. Ah, mon petit radius, très bien [Elle le regarde sous toutes les coutures]. Par contre, je ne peux pas cliquer sur un autre directement là ? Je suis obligée de fermer ?

Coach2. Si, tu peux.

Checheur1. Il y a l'humérus normalement [Elle clique sur un objet puis sur sa fiche]. Ah oui, non, c'est le deuxième radius. Très bien, ça. Perfect. Est-ce qu'il y en a d'autres ? [Elle tourne la tête afin de repérer s'il y a d'autres objets scannés].

Chercheur1. Alors je tiens à dire que je suis gauchère, donc ça ne me va pas très bien l'outil de sélection dans la main droite.

Parmi les fonctionnalités les plus utilisées par les chercheurs, figure la rédaction de requêtes permettant d'interroger la base de données archéologiques et de « nager » dans les résultats obtenus (cf. Annexe 1). La rédaction des requêtes, à base d'opérateurs booléens reliant les différents champs de la base de données, est parfois complexe. L'examen des champs utilisés pour les requêtes traduit une fois encore les spécificités de chaque sous-discipline (paléontologie, techno-typologie lithique, etc.) et les centres d'intérêts de chaque chercheur. Spontanément, chaque chercheur va filtrer sur son objet d'étude et souhaiter par la suite pouvoir enregistrer sa requête pour des sessions ultérieures. L'appropriation consiste ici à vouloir « **faire sien** » l'outil et rejoint la personnalisation évoquée par Zhong, Balagué et Benamar (2017) lorsqu'elles s'intéressent aux modes d'usages effectifs de la montre connectée.

En tant que paléoanthropologue, Chercheur9 s'intéresse plus spécifiquement à la dimension physique des activités humaines. Dans une base de données comportant près de 600 000 objets, ce sont finalement 151 restes humains qui l'intéressent. Il connaît ces ossements « par cœur » et fait référence à eux avec leur numéro en tant qu'individu (Arago 21, etc.).

Chercheur 9. Il y a beaucoup de trucs. Tu vois, par exemple pour moi, l'homme, il faudrait quasiment qu'il y ait un truc spécial, que je puisse soit avoir accès au truc faune, mais aussi un truc spécial homme. Je vais arriver, je vais dire ; « Je veux voir mes fibulas », et je ne vais pas chercher type « os », machins, bidules.

Coach3. Dans la liste, il faut prendre le 3, le type d'os.

³ Nous indiquons entre crochets des éléments contextuels issus de l'observation filmée des sessions.

Coach2. Après, logiquement, quand tu auras enregistré tes requêtes, tu pourras directement les appeler.

Chercheur 9. Oui, donc une première fois, j'irai tout préparer mes trucs...

Coach2. Voilà, parce que tu auras ton compte personnel.

Chercheur 9. Mais je pourrais donner des noms à mes requêtes ?

Enfin, une troisième forme d'appropriation est la phase de suggestions pour « **faire évoluer** » l'outil afin qu'il réponde plus parfaitement aux besoins de l'utilisateur. Dans la version actuelle de l'outil, les couleurs ont été attribuées à un niveau très général (industries, ossements, pierres, etc.). Une demande récurrente partagée par l'ensemble des chercheurs consiste à pouvoir distinguer, par une couleur différente, les objets appartenant à des catégories qui font sens pour eux (les ossements de différentes espèces, de sols différents, distinguer les outils lithiques par matière première utilisée), afin d'effectuer des comparaisons à un niveau plus granulaire.

Chercheur10 est stratigraphe, ce qui l'intéresse c'est l'individualisation des niveaux d'occupations. Elle voudrait pouvoir rectifier ses sols sur la base des projections des objets en 3D-VR. Mais pour cela, à l'instar de ses collègues, elle voudrait pouvoir faire des « *requêtes imbriquées* » sur deux niveaux et les colorier, c'est-à-dire distinguer les éléments du sol J et L par exemple, ou les espèces fauniques des sols J, K et L (daims vs. rennes, indicateurs de climats tempérés vs. froids).

Chercheur10. Alors maintenant, je suis dans mon magnifique sol. Si je veux faire une requête supplémentaire, il faut que j'ouvre le menu ?

Coach3. Oui.

Chercheur10. Je mettrais bien le sol L par rapport au sol J, mais ça ne doit pas être possible.

Coach3. Non.

5.2. *Au-delà de l'immersion, les frictions comme autre déclencheur de l'appropriation*

L'immersion, entendue au sens de téléprésence (Lombart et Ditton, 1997), engendre des émotions positives qui peuvent conduire le chercheur à générer de nouvelles idées pour améliorer l'outil. Chercheur 11 est typologue, il s'intéresse aux usages des industries lithiques par les hommes du Paléolithique. Il se montre très enthousiaste à l'égard de la réalité virtuelle, l'immersion au sein du nuage d'objets lui offrant de « voir les hommes au travail ». L'expérience serait encore plus « vertigineuse » si les scans pouvaient remplacer les parallélépipèdes.

Chercheur 11 - Ce que je disais, ce que je trouve extraordinaire c'est que quand je vais comme ça [il se penche pour se mettre « sous » la colonne, qu'il regarde vers le haut], je suis « dans » la couche quoi. Donc il y a une superposition des objets, je les vois, ce qui me semble totalement extraordinaire. Totalement extraordinaire. Déjà un truc comme ça avec des solides géométriques... Donc j'imagine que si on arrive un jour à avoir les scans, ce serait totalement vertigineux. Totalement vertigineux. Non, on a un peu du mal à se repérer, parce qu'en plus j'imagine que pour certains carrés, ce sera plus facile que d'autres...

Paradoxalement, et c'est là l'un des résultats clés de notre recherche, les frictions, qui correspondent à des décalages entre l'expérience de la grotte virtuelle et la grotte réelle et la base de données telles que les chercheurs les connaissent, conduisent également à une appropriation par l'utilisateur. Les frictions sur le positionnement des objets dans la grotte ont entraîné un usage inattendu de la réalité virtuelle qui est apparu lors des sessions de tests : la possibilité d'identifier les erreurs présentes dans la base de données commune (« Carnet ») qu'utilisent l'ensemble des chercheurs. Chaque « nature » d'objet est associée à une couleur donnée dans la VR (e.g. jaune pour les os, bleu pour les industries, rouge pour les pierres, violet pour les galets marneux...). Lorsque le chercheur effectue une requête sur une nature d'objet en particulier (« faune » dans le cas présent), il s'attend donc à voir des parallélépipèdes de la même couleur. S'il s'affiche au milieu

du nuage d'objets un objet d'une autre couleur, le « bug » est aussitôt perceptible, alors qu'il serait passé inaperçu dans la base de données. Le chercheur1 souligne lors de l'entretien que la correction des erreurs ainsi identifiées est essentielle car c'est la condition d'un travail scientifique de qualité.

Chercheur1. Ah ouais, là, c'est top. Mais on voit qu'il y a beaucoup d'erreurs. Visuellement, pour le coup, c'est très pratique, parce que toutes ces pierres [en rouge au milieu du nuage d'objets jaunes], il y a des erreurs de saisie, on les voit tout de suite, enfin, de saisie ou autre, mais... Donc maintenant, si je veux... Ah, il y a même un galet marneux [Elle désigne un cube violet].

On retrouve le chercheur9 qui connaît tous les restes humains mais qui est étonné en voyant un reste qui lui semble mal positionné.

Chercheur9. Ça c'est [??] des restes humains qui sont pas du bon côté. [désignant un objet] Ah tiens tu vois, j'avais déjà oublié qu'il y en avait un qui était là, qui est tout seul ici ; j'aimerais bien revérifier ce que c'est.

6. Apports de la recherche pour les chercheurs et praticiens en marketing

Répondant à l'appel de Sagnier et al. (2019) de « *recueillir spécifiquement les perceptions d'utilisateurs finaux de ces technologies au sein de contextes professionnels identifiés* », cette recherche a permis de mettre en évidence les conditions sous lesquelles les dispositifs de réalité virtuelle pouvaient être utilisés à des fins de recherche par les archéologues. Au-delà, elle contribue à la littérature marketing sur l'appropriation des dispositifs techniques et à celle sur les apports de la visualisation à la génération d'idées. Enfin, elle permet de formuler des recommandations aux praticiens en marketing, concevant ou utilisant des dispositifs immersifs.

6.1. Contributions théoriques de la recherche

- Approfondissement des facteurs conduisant (ou non) à l'appropriation

La démarche d'observation longitudinale a permis d'approfondir la compréhension du processus d'appropriation de la technologie par les utilisateurs. En particulier, conformément à Carroll et al. (2003), nous soulignons des différences dans la manière dont des facteurs, selon qu'ils soient perçus positivement ou négativement, influencent le processus d'appropriation. L'absence de contrôle ou un feedback lent peuvent conduire l'utilisateur à mettre fin à la session. A contrario, l'immédiateté du contrôle et l'anticipation sont des facteurs d'engagement à l'égard de l'outil, mais cet effet est médié par le sentiment de présence généré (Held et Durlach, 1992 ; Witmer et Singer, 1998). Nous avons aussi observé les vertiges ou nausées provoqués par la VR (*cybersickness* ou *motion sickness*), qui causent pour certains un réel inconfort. Enfin, les résultats mettent en évidence un effet récursif entre appropriation et bénéfices anticipés, l'appropriation amenant le chercheur à identifier de nouveaux bénéfices de l'outil pour son travail.

- Mise en évidence d'une relation entre visualisation et génération d'hypothèses

La spécificité du terrain, à savoir une équipe de chercheurs en archéologie ayant une connaissance fine et intime de la grotte et des fouilles successives, fait émerger un résultat inattendu concernant les frictions engendrées par la réalité virtuelle. Si de prime abord, on pourrait penser que les frictions, en tant qu'incohérences avec les connaissances et représentations du chercheur, constituent un frein à son appropriation, on observe *a contrario* qu'elles génèrent des questionnements, des suggestions qui traduisent une appropriation par le chercheur. Ce résultat

n'est pas sans rappeler les effets favorables de la stimulation de l'imagerie mentale sur la créativité des idées générées (Vellera et Gavard-Perret, 2016). Des recherches futures pourraient chercher à approfondir les mécanismes par lesquels la confrontation entre la représentation mentale d'un objet ou d'un environnement et la représentation virtuelle de celle-ci contribue à générer des questionnements utiles pour la recherche. Ce résultat est également à relier avec le niveau de réalisme souhaité de la représentation virtuelle.

6.2. Contributions pour les praticiens en marketing

- Procurer un confort d'utilisation en intégrant l'hétérogénéité physique des utilisateurs

Plusieurs sources d'inconfort dans l'utilisation ont été mises en évidence lors des sessions de tests, notamment le port de lunettes, la difficulté de réglage de la netteté ou encore l'absence de prise en compte de la latéralité de l'utilisateur⁴. Ces éléments sont loin d'être anodins puisqu'ils conduisent l'utilisateur à ne pas percevoir de bénéfices à l'utilisation de la VR (s'il ne parvient pas à lire les informations) et à mettre fin à la session (si l'inconfort physique prend le pas sur l'expérience immersive). Résoudre cet inconfort demande de personnaliser l'interaction avec l'environnement virtuel, ce qui pose des problèmes évidents pour des dispositifs immersifs de masse.

- Intégrer des paramètres de personnalisation afin que l'utilisateur puisse « faire sien » l'outil

Un résultat clé de la recherche concerne l'importance d'intégrer le vécu de l'utilisateur lors de la conception de nouveaux outils. Au-delà de la familiarité (ou non) avec les jeux vidéo qui permet une prise en main plus ou moins rapide, c'est essentiellement l'environnement du chercheur, ses centres d'intérêt, sa façon de travailler, qu'il importe de prendre en compte. Ce résultat rejoint l'un des modes d'usages effectifs identifiés par Zhong et al. (2017) dans le contexte de la montre connectée, à savoir la customisation, qui consiste pour l'utilisateur à modifier et personnaliser les fonctionnalités de l'outil pour une meilleure adéquation à ses besoins. L'effort investi dans la personnalisation va en favoriser l'usage répété. A cette fin, l'outil doit permettre à l'utilisateur de créer un profil (voire plusieurs profils si plusieurs usages différents) et de sauvegarder les interactions avec l'objet virtuel qu'il effectue le plus fréquemment sous des noms familiers. Il convient de laisser la possibilité de customiser au maximum l'apparence des menus ou commandes permettant d'interagir avec l'environnement virtuel. Ces préconisations peuvent s'appliquer dans d'autres champs, par exemple le secteur de l'immobilier où les visites virtuelles se développent. Le client pourrait scanner des meubles à l'aide d'un scanner 3D, pour pré-visualiser la décoration d'une propriété qu'il a identifiée⁵.

- Jouer sur la richesse sensorielle pour gérer la complexité et créer de la valeur

Dans le cas étudié, ce qui prime n'est pas tant la restitution de la grotte que la possibilité de visualiser une base de données d'objets et de « se déplacer » au sein de ces objets. Toutefois, la version de l'outil testée n'autorise pas de faire plusieurs sélections dans un même champ de la base et de colorier ses requêtes (*mis à jour depuis*), qui permettraient, par exemple de visualiser sur un

⁴ La population française compte 12,9% de gauchers (<http://www.lesgauchers.com/informations/gaucher-9-millions-en-france>).

⁵ <https://www.realite-virtuelle.com/immobilier-vr/>

niveau la répartition des ossements de différentes espèces animales (et donc d'en tirer des informations archéostratigraphiques). Afin de permettre aux utilisateurs d'exploiter pleinement les potentialités offertes par la réalité virtuelle, les concepteurs devraient jouer sur la richesse sensorielle (par exemple, à travers les textures disponibles) et sur la multi-modalité (coupler sons et visuels) pour représenter les résultats de requêtes complexes. Ce même principe pourrait être mis en œuvre pour des comparaisons de produits complexes, par exemple un consommateur choisissant une voiture selon plusieurs critères différents.

- Développer les usages de réalité virtuelle autour de la visualisation de données

De manière inattendue, les aspérités entre la réalité virtuelle et la représentation du chercheur ont été créatrices de valeur puisqu'elles ont été à l'origine de nouveaux questionnements. De nouveaux usages de la réalité virtuelle pourraient être envisagés, autour de la visualisation de données. Par exemple, des responsables de points de vente pourraient l'utiliser pour visualiser les sorties de caisse en fonction de l'emplacement des articles et tester la pertinence du plan merchandising.

Références bibliographiques

Brunel O. et Roux D. (2006), L'appropriation des produits par le consommateur : proposition d'une grille d'analyse, in Grimand, A. (Ed.), *L'appropriation des outils de gestion. Vers de nouvelles perspectives théoriques ?* Publications de l'Université de Saint Etienne, 83-104.

Carroll J.M., Howard S., Peck J. et Murphy J. (2002), Young Australians and mobile technologies. What do young people want? How do they use mobile technologies? *Journal of Information Technology, Theory and Application (JITTA)*, 5, 131.

Carroll J., Howard S., Peck J. et Murphy J. (2003), From adoption to use: the process of appropriating a mobile phone, *Australasian Journal of Information Systems*, 10, 2, 38-48.

Carù A. et Cova B. (2003), Approche empirique de l'immersion dans l'expérience de consommation : les opérations d'appropriation, *Recherche et Applications en Marketing*, 18, 2, 47-65.

Cassidy B., Sim G., Robinson D.W. et Gandy D. (2019), A Virtual Reality Platform for Analyzing Remote Archaeological Sites, *Interacting with Computers*, 31, 2, 167-176.

Charfi A.A. et Volle P. (2010), L'immersion dans les environnements expérientiels en ligne : Rôle des dispositifs de la réalité virtuelle, *Actes du Congrès International de l'Association Française de Marketing*, Le Mans.

Collin-Lachaud I. et Passebois J. (2008), Do immersive technologies add value to the museumgoing experience? An exploratory study conducted at France's Paléosite, *International Journal of Arts Management*, 11, 1, 60-71.

Davis F.D. (1989), Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology, *MIS Quarterly*, 13, 319-339.

Derbaix M., Derbaix C. et Godini L. (2020), Authenticité perçue et réactions affectives dans les expériences immersives 3.0 : le cas de l'Atelier des Lumières, *Congrès de l'Association Française du Marketing*, Biarritz, 5-7 mai (conférence annulée à cause du Covid-19, actes en ligne).

Fischer G.N. (1983), *Le travail et son espace : de l'appropriation à l'aménagement*, Paris, Dunod.

Held R. et Durlach N. (1992), Telepresence. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 1, 1, 109-112.

Hoffman D. et Novak T. (1996), Marketing in Hypermedia Computer-Mediated Environments: Conceptual Foundations, *Journal of Marketing*, 60, 50-68.

Laroum M. et de Pechpeyrou P. (2020), Appropriation des objets connectés de Quantified Self par les consommateurs seniors : une étude exploratoire, *Congrès de l'Association Française du Marketing*, Biarritz, 5-7 mai (conférence annulée à cause du Covid-19, actes en ligne).

Lombard M. et Ditton T. (1997), At the Heart of It All: The Concept of Presence, *Journal of Computer-Mediated Communication*, 3, 2.

Lumley de H., Fontaneil C., Grégoire S., Batalla G., Caumon G., Celiberti V., Chevalier T., Deguillaume S., Fournier A., Lumley de M.A., Magniez P., Moigne A.M., Notter O., Perrenoud C., Pois V., Pollet G. et Testu A. (2015), *Caune de l'Arago Tome VI. Tautavel-en-Roussillon, Pyrénées-Orientales, France : Individualisation des unités archéostratigraphiques*. CNRS Editions, 641 p.

Mifsud M. (2016), S'approprier le service pour co-créer de la valeur : une étude empirique dans le secteur de la santé, Thèse de doctorat, Université de Montpellier.

Mifsud M., Case A.S. et N'Goala G. (2016), Comprendre l'appropriation d'un service par les clients : une étude dans le secteur de la santé, *Congrès International de l'Association Française de Marketing*, Lyon.

Pantano E. et Laria G. (2012), Innovation in Retail Process: From Consumers' Experience to Immersive Store Design, *Journal of Technology Management & Innovation*, 7, 3, 194-205.

Perrenoud C., Falguères C., Moigne A.M., Testu A., Magniez P., Boulbes N., Lebreton L., Hanquet C., Desclaux E., Lartigot-Campin A.S., Celiberti V., Grégoire S., Lumley de H., Viallet C., Chevalier T., Lumley de M.A., Vialet A., Fontaneil C., Pois V., Hu H. M., Shen C.C. et Michel V. (2016), Diversité des occupations humaines en contexte glaciaire à la Caune de l'Arago. *Colloque Q10, AFEQ, CNF-INQUA*, Bordeaux, France.

Pois V. (2000), Habitats préhistoriques au Paléolithique inférieur : étude de l'ensemble stratigraphique II de la Caune de l'Arago (Tautavel, Pyrénées-Orientales, France). Approche informatique du mode de vie de l'Homme de Tautavel, *Quaternaire*, 11, 3-4, 187-196.

Prentice R. (2005), The Anatomy of a Surgical Simulation: The Mutual Articulation of Bodies in and through the Machine, *Social Studies of Science*, 35, 6, p. 837-866.

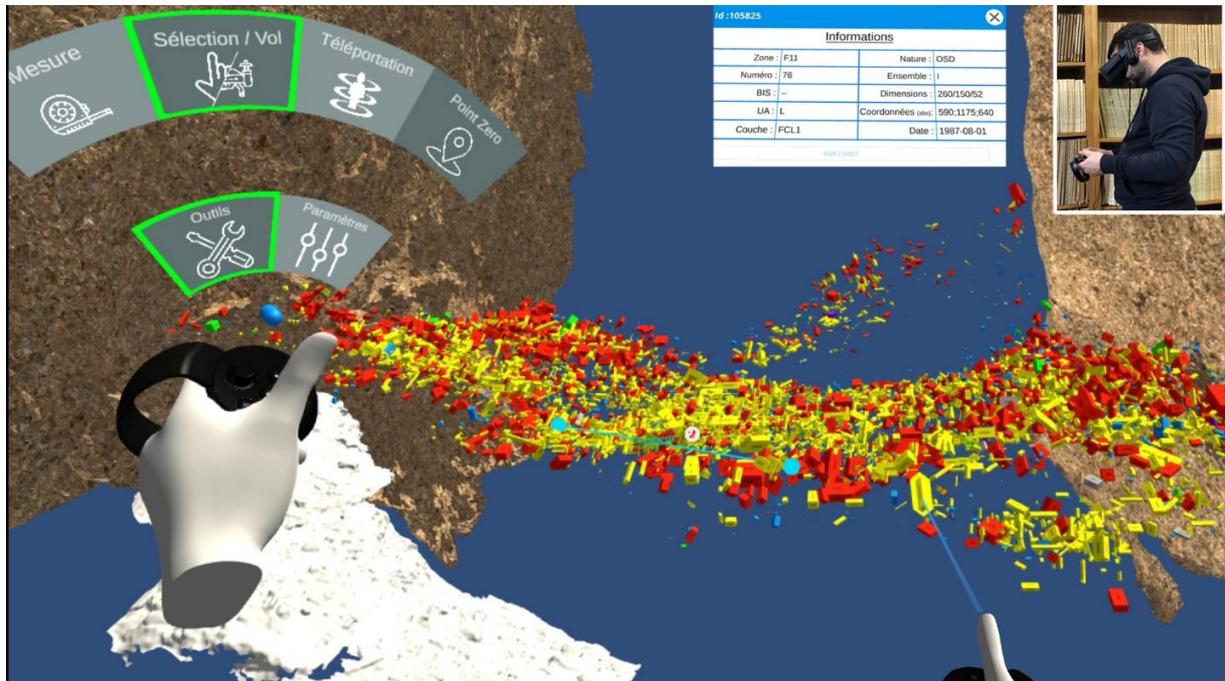
Sagnier S., Loup-Escande E. et Valléry G. (2019), Acceptabilité de la réalité virtuelle : une revue de la littérature, *Le travail humain*, 82, 3, 183-212.

Vellera C. et Gavard-Perret M.-L. (2016), Une meilleure compréhension du rôle et du mécanisme d'action des stimulations de l'imagerie mentale dans l'amélioration de la créativité d'utilisateurs « ordinaires », *Recherche et Applications en Marketing*, 31, 3, 122-143.

Witmer B. G. et Singer M. J. (1998), Measuring Presence in Virtual Environments: A Presence Questionnaire, *Presence*, 7, 3, 225-240.

Zhong Z., Balagué C. et Benamar L. (2017), Conséquence de l'appropriation des objets connectés par les consommateurs : Une étude sur les usages effectifs quotidiens de la montre connectée, *Congrès International de l'Association Française du Marketing*, Tours.

Annexe 1. Visualisation d'un sol : les apports de la réalité virtuelle



Exemple de visualisation d'un sol avec l'outil de réalité virtuelle

Annexe 2. Profil des chercheurs ayant participé aux tests de l'outil de réalité virtuelle

Chercheur	Sexe	Discipline	Port de lunettes	Familiarité jeux vidéo
Chercheur1	F	Paléontologue	Oui	Non
Chercheur2	F	Anthropologue	Non	Non
Chercheur3	F	Archéozoologue	Non	Non
Chercheur4	F	Palynologue	Oui	Non
Chercheur5	H	Géologue	Oui	Non
Chercheur6	H	Paléontologue	Non	Oui
Chercheur7	F	Péto-archéologue	Oui	Non
Chercheur8	H	Sédimentologue	Non	Oui
Chercheur9	H	Paléoanthropologue	Oui	Non
Chercheur10	F	Archéo-stratigraphe	Oui	Non
Chercheur11	H	Techno-typologue	Non	Oui

Annexe 3. Liste des codes pour l'expérience d'immersion virtuelle dans la grotte

Nom	Description	S1	S2
Actions		134	263
Mesure	Le chercheur effectue une mesure entre deux objets ou entre la paroi et les objets.	0	11
Requête	Le chercheur effectue une requête sur la base de données à l'aide des opérateurs booléens AND et OR.	18	81
Anticipation	Le chercheur prévoit le résultat de l'action avant qu'il n'arrive.	1	1
Feedback+	Le feedback est rapide et le chercheur en parle.	1	1
Feedback-	Le feedback est lent et le chercheur en parle.	14	18
Discontinuité	Une manipulation arrête l'action en cours.	9	6
Sélection objet	Les sélections spécifiques et ou critiques	9	26
Déplacement	Les déplacements spécifiques et ou critiques	5	10
Contrôle+	Le chercheur parle de sa maîtrise de l'action et de son résultat, ressent du contrôle.	14	14
Contrôle-	Difficulté à interagir avec l'outil	63	95
Corporalité		87	84
Accroupi	Le chercheur se baisse pour voir en dessous avec le masque.	7	7
Saisir	Le chercheur essaie ou parle de saisir avec ses mains physiques.	5	4
Mouvement tête	Mouvement significatif ou exagéré de la tête.	17	13
Mouvement bras	Mouvement significatif ou exagéré des bras.	6	3
Malaise	Sentiment désagréable, tournis.	4	9
Nager	Être au milieu des objets, se déplacer dedans (verbalisé)	6	11
Difficulté physique	Problème de lunettes, de cheveux ou autres	36	28
Marche	Le chercheur marche et se déplace IRL (<i>In Real Life</i>)	6	9
Espace-temps		42	33
Perdu VR	Le chercheur ne se repère plus dans l'environnement virtuel.	15	9
Collision VR	Le chercheur entre dans les murs ou sort de la grotte virtuelle.	5	12
Distorsion temporelle	Le chercheur ne sait plus combien de temps il a passé.	4	0
Perdu IRL	Le chercheur perd le sens des objets/meubles qui l'entourent physiquement.	11	7
RAZ	Le chercheur est perdu et revient ou demande à revenir au point de départ.	7	5
Résultats		0	9
Echec	Le chercheur n'arrive pas à faire ce qu'il veut	0	9
Réussite	Le chercheur réussit à faire ce qu'il veut	0	0
Réalisme		95	172
Friction	Décalages/frictions entre la grotte-dans-la-VR et la grotte-connue-jusque-là par le chercheur	79	148
Grotte des autres	Propos sur la grotte telle que le chercheur pense que les autres chercheurs l'imaginent	5	3
Grotte Vraie	Propos sur la grotte telle qu'elle était à l'époque du sol étudié	11	21
Emotions		67	96
Frustration	Le chercheur exprime sa frustration.	14	10
Surprise	Le chercheur exprime sa surprise.	3	5
Amusement	Le chercheur est amusé.	7	12

Admiration	Le chercheur est épaté par l'outil (waouh).	31	56
Personnification	Le chercheur parle de / à l'outil comme s'il était une personne	5	6
Dégoût	Le chercheur exprime du dégoût (C'est laid, mon dieu, ...).	7	7
Usages		33	56
Autonomie	Le chercheur pense être plus autonome avec cet outil.	1	0
Rapidité	Le chercheur pense être plus rapide avec cet outil.	0	2
Besoin+	Le chercheur trouve que l'outil répond à un de ses besoins qui préexistait à la VR.	11	27
Besoin-	Le chercheur trouve que l'outil ne répond pas à ses besoins.	3	18
Innovation Collective	L'outil donne de nouvelles idées de recherche ou d'action collective.	1	3
Richesse	Le chercheur vante la variété des usages permis par la VR.	4	0
Attentisme	Le chercheur ne sait pas quoi faire.	2	1
Ludique	Le chercheur compare la VR à un jeu vidéo.	11	5
Appropriation		98	95
Améliorations	Le chercheur suggère des propositions d'amélioration de l'outil.	55	30
Idée	Le chercheur a <i>de lui-même</i> une idée de requête ou d'exploration de la base de données.	7	32
Cadrage	Le chercheur est incité ou dissuadé par le « coach » de la session à faire une action en particulier.	36	33
Projet		33	49
Défaut	Problème ou défaut reporté sur l'artefact	33	33
Version	Comparaison des versions entre elles	0	16