

# L'évaluation des usages et des comportements en univers immersifs : quelques enjeux actuels

Par Guillaume JÉGOU

Responsable du Laboratoire Usages et Acceptabilité, Institut de recherche technologique B-Com  
et Nico PALLAMIN

Institut de recherche technologique B-Com

La maturité technologique et la disponibilité commerciale des équipements de réalité virtuelle (RV) de nouvelle génération permettent aujourd'hui d'envisager des cas d'application difficilement réalisables, il y a encore quelques années. Du côté professionnel, la formation, la simulation et la collaboration distante sont des usages de la RV qui sont en pleine émergence. Pour la conception de produits et de services, notamment d'innovations disposant de peu de retours d'expérience, la RV peut également offrir des potentialités intéressantes en termes de raccourcissement des cycles de conception-évaluation et de retours d'usages rapides sur de nouveaux concepts d'interaction ou de visualisation. Pour autant, de nombreuses recherches restent encore à mener pour pouvoir exploiter au mieux toutes ces possibilités. Améliorer la crédibilité et la présence virtuelle, disposer de nouveaux outils d'observation non intrusifs et s'assurer de leur acceptabilité (à tous les niveaux) font partie des enjeux actuels.

## Quelques enjeux de présence liés à l'immersion en réalité virtuelle

Si, pour le grand public, les nouveaux usages proposés par la réalité virtuelle (RV) concernent surtout le divertissement et les médias numériques (jeux vidéo, cinéma immersif, parcs à thèmes, etc.), du point de vue professionnel, les possibilités de simulation offertes par la RV permettent des mises en situation suffisamment crédibles pour être utilisées dans les formations (par exemple, simulations médicales ou de domaines à risques), ou encore à des fins de prototypage rapide <sup>(1)</sup>. Grâce au développement des nouvelles générations de plateformes immersives, les mises en situation virtuelle ouvrent de nouvelles perspectives en matière d'engagement de l'utilisateur et d'observations comportementales quasi naturelles.

Parmi les différents verrous à lever afin de pouvoir utiliser cette technologie comme un moyen de simulation particulièrement crédible, plusieurs points peuvent être cités.

Tout d'abord, la naturalité de l'immersion doit être cohérente avec le sentiment de présence que l'on cherche à induire dans l'environnement virtuel. Mais cette naturalité peut s'entendre de différentes façons. Du point de vue de l'apprentissage de procédures, par exemple, une vue symbolique ou semi-réaliste est parfois suffisante pour per-

mettre la construction de modèles mentaux efficaces. Dans ce cas, c'est généralement la compréhension et le rappel en situation de séquences précises d'actions par l'utilisateur ou encore la construction d'une stratégie de résolution de problème qui sont des éléments déterminants.

Dans d'autres situations, il peut être nécessaire de simuler un environnement dont le réalisme soit plus poussé, en termes perceptifs. Cela peut présenter un intérêt pour les mises en situation dans lesquelles les aspects affectifs et motivationnels sont des éléments importants à prendre en compte <sup>(2)</sup>. Pour l'évaluation des systèmes à risque, l'état cognitif et émotionnel de l'utilisateur ne saurait être négligé, car il peut influencer fortement les jugements et prises de décisions. Dans d'autres contextes, la crédibilité de la simulation virtuelle passe par le renforcement du caractère tangible du monde simulé. Il importe alors d'éviter le caractère artificiel d'un environnement peuplé d'objets purement fantomatiques. Plusieurs points sont alors à prendre en considération, comme l'interprétation réaliste des gestes, dans le cas d'une manipulation directe. Le retour haptique des interactions est également un élément intéressant à considérer, bien que techniquement complexe.

(1) DEUFF, COSQUER et FOUCAULT, 2010.

(2) DUGDALE, PAVARD, PALLAMIN et MAUGAN, 2004.

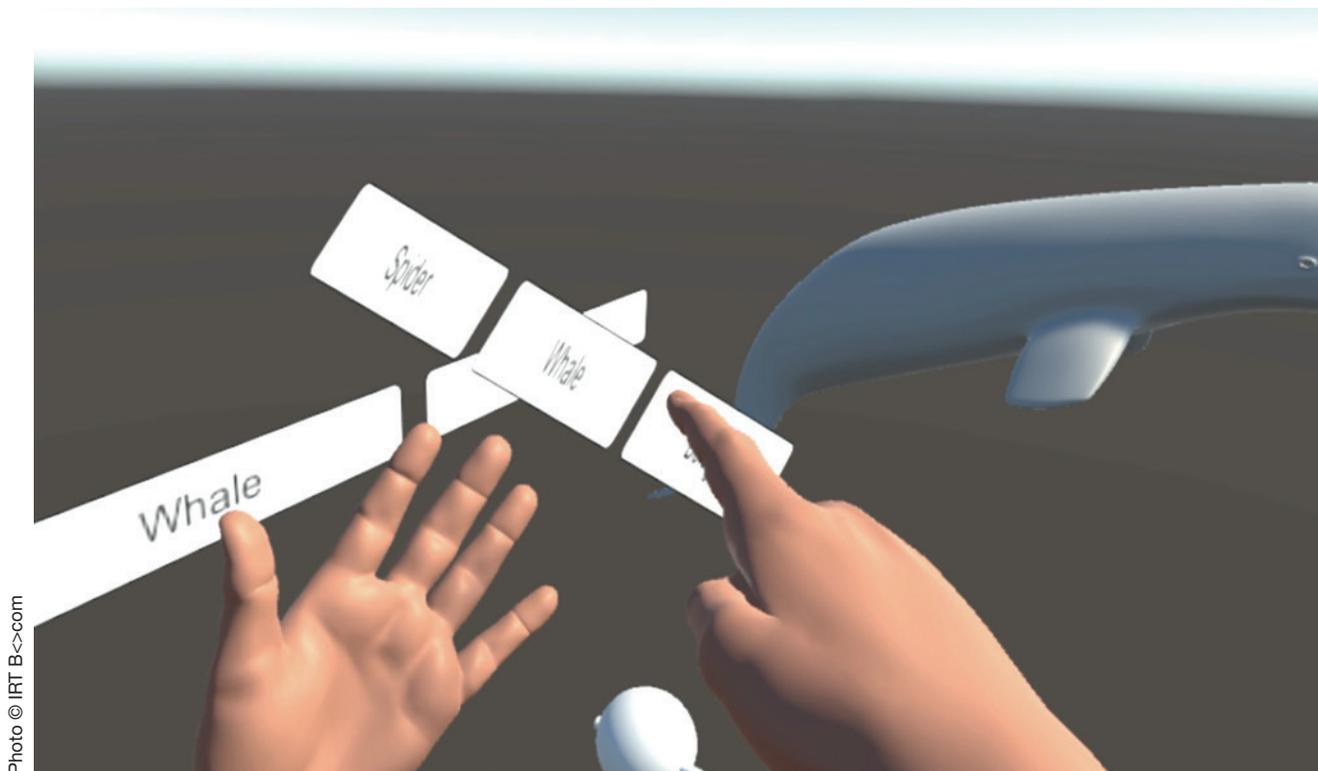


Photo © IRT B&lt;&gt;com

Interactions gestuelles en réalité virtuelle.

Dans le cas où l'environnement virtuel sert à simuler des tâches coopératives ou à induire une expérience partagée, le sentiment de présence peut être fortement influencé par la représentation de soi et des autres (coprésence) <sup>(3)</sup>. De ce point de vue, de nouveaux concepts de représentation en réalité mixte (recalage d'éléments réels dans le virtuel) proposent des pistes intéressantes à évaluer avec les utilisateurs ciblés.

Un dernier point sera évoqué ici : la crédibilité d'entités virtuelles <sup>(4)</sup>, notamment lorsque celles-ci doivent être dotées d'un certain degré d'autonomie. Dans de nombreux cas, les comportements doivent relever non pas d'un script préétabli, mais de l'interaction dynamique avec un ou plusieurs utilisateur(s). La notion d'émergence dans les comportements peut alors être considérée et prise en compte au cœur de la conception d'architectures d'intelligence artificielle régulant les comportements d'agents. Pour créer ce type d'agent, l'observation des comportements humains et leur modélisation sont nécessaires à la démarche de conception et d'évaluation <sup>(5)</sup>. Une méthode intéressante, centrée sur l'utilisateur, consiste à réaliser une analyse de l'activité. Il s'agit alors, tout d'abord, d'observer les interactions naturelles entre humains (par exemple, des interactions coopératives observées lors de l'exécution d'une tâche finalisée). Cette analyse de l'activité va permettre une modélisation de la tâche, qui servira ensuite de référence pour valider les comportements machine émergeant de l'architecture comportementale. L'enjeu de réalisme va être ici de susciter des comportements utilisateur démontrant, d'un point de vue subjectif et objectif <sup>(6)</sup>, un engagement naturel proche de celui observé hors simulation (dialogues, coopération, influence sociale, etc.) <sup>(7)</sup>.



Photo © IRT B&lt;&gt;com

Agent virtuel disposant de capacités de dialogue fondées sur une intelligence artificielle émergente.

(3) BURKHARDT, 2007.

(4) JÉGOU, QUENTEL et CHEVAILIER, 2015.

(5) DUGDALE, 2006.

(6) DE VAULT et al., 2015.

(7) BEVACQUA et al., 2014.

## Un challenge pour l'observation

Un second enjeu que nous évoquerons ici concerne les outils de mesure du comportement. Comment mesurer l'engagement de l'utilisateur et l'impact que la simulation virtuelle a sur lui ? Sur ces points, l'évaluation en RV nécessite de repenser et de compléter les méthodes d'observation classiques en tenant compte des spécificités du contexte de l'observation.

En effet, l'immersion virtuelle modifie l'observation comportementale directe telle que l'on peut la pratiquer lors de tests d'usage communément réalisés en laboratoire. Le sujet étant équipé d'un dispositif porté, les possibilités d'observation des expressions faciales sont limitées pour l'expérimentateur. De même, nativement, le regard est masqué. L'observation fine des comportements d'un point de vue externe se heurte rapidement à la distance perceptive séparant le monde vu par l'expérimentateur (par exemple, sur un écran de retour vidéo) et l'environnement visuel très différent que perçoit le sujet immergé.

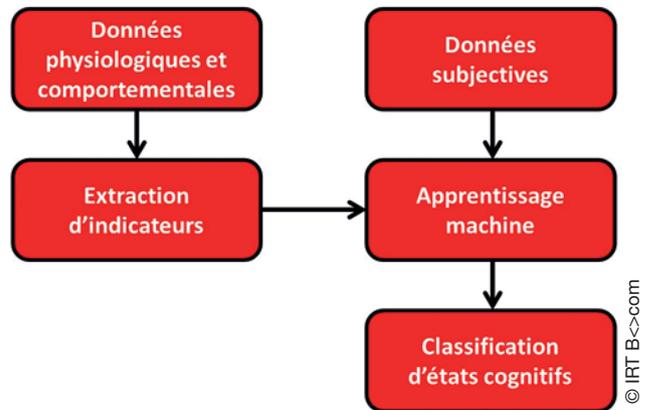
De même, les méthodes d'observation par questionnaires, bien qu'elles conservent une utilité dans l'évaluation pré- ou post-expérimentale, ne permettent pas de réaliser une mesure continue de certains états cognitifs, tels que le stress ou l'émotion. L'exploration de nouvelles pistes technologiques d'observation et d'interprétation permettant ce recueil continu de signaux comportementaux est donc d'un grand intérêt. Pour cela, le développement de technologies et de méthodes recourant à des capteurs peut permettre à l'expérimentateur de disposer de nouveaux outils d'analyse.

## De nouvelles méthodes d'interprétation

Ces nouveaux outils (en cours de développement) offrent de riches perspectives de compréhension des comportements. Les recherches (et de premiers cas d'application) s'orientent vers l'analyse automatisée de diverses dimensions essentielles pour l'analyse des usages : émotions, charge cognitive, vigilance, engagement ou encore acceptabilité physique<sup>(8)</sup>. Bien que l'exploitation extensive de ces technologies de captation et d'interprétation des comportements (et, plus encore, leur ancrage dans les usages quotidiens) nécessite encore la levée de verrous complexes, les méthodologies de test peuvent déjà bénéficier de certaines avancées technologiques significatives.

Le développement de ces méthodes nécessite une forte implication de l'utilisateur final. Une démarche possible consiste à concevoir des métriques de jugement en se basant sur ce qui est réellement observé chez les utilisateurs. Il s'agit d'une coconstruction, puisque, selon cette approche, les données de référence (par exemple, le ressenti subjectif) sont produites par les utilisateurs eux-mêmes. Il s'agit, dans un premier temps, de maîtriser la captation des signaux comportementaux. Ceux-ci peuvent provenir de sources diverses et complémentaires (par exemple, signaux physiologiques (EDA, ECG, EEG, etc.), mouvements ou encore prosodie verbale). Il s'agit, ensuite, de filtrer ces artefacts et de lier les mesures de

laboratoires, en conditions contrôlées, à celles du terrain d'usage, celles-ci étant réalisées dans un environnement mouvant et nécessitant peu d'intrusivité. Il s'agit, ensuite, de traiter les données utiles pour les mettre en relation, à des seuils de confiance suffisamment robustes, avec des modèles psychologiques et comportementaux validés. Enfin, pour être interprétée, cette mise en relation doit faire appel à des techniques d'apprentissage machine.



Phase d'apprentissage, depuis la donnée physiologique jusqu'à la classification.

Si les données sont suffisamment nombreuses, le développement récent de méthodes de traitement statistique de masse par apprentissage profond (*Deep Learning*) peut permettre de traiter directement des données brutes<sup>(9)</sup>. Rendu possible par le développement continu des puissances de calcul et des capacités de stockage, le recours à ces algorithmes permet de se passer du filtrage *a priori*, mais cela nécessite un accès massif aux données utilisateurs.

## L'acceptabilité multidimensionnelle

La mise en situation virtuelle et les technologies d'analyse comportementale que nous avons citées sont très intéressantes pour l'analyse d'usages. Pour autant, leur acceptabilité n'est pas acquise : elle doit faire l'objet de recherches spécifiques, dans une approche multidimensionnelle (physique, cognitive et sociale).

Ainsi, du point de vue de l'acceptabilité physiologique, l'immersion dans les mondes virtuels peut se traduire par un inconfort (gêne, fatigue oculaire ou physique), voire par un sentiment de cyber-malaise proche du mal des transports (effets de cinétose et de *cybersickness*). Plusieurs explications de ce type de malaise peuvent être avancées. La principale repose sur les conflits sensoriels que peuvent ressentir les utilisateurs, dans certaines situations. Cette théorie explicative du cyber-malaise pose l'hypothèse que, dans le corps humain, les données sensibles servant à détecter le mouvement (données visuelles, proprioceptives et produites par l'oreille interne) sont dans certains cas en dissonance avec le modèle sensoriel existant chez l'utilisateur<sup>(10)</sup>.

(8) NASOZ, LISETTI, ALVAREZ et FINKELSTEIN, 2003.

(9) MARTIN et al., 2016.

(10) JOHNSON, 2007.



Photo © IRT B&amp;C.com

Test d'acceptabilité par biocapteurs en réalité virtuelle.

Ce décalage crée alors un inconfort physiologique qu'il faut réussir à détecter (par exemple, *via* des méthodes de mesure par biocapteurs) et à contrer, essentiellement par une modification adéquate des contenus tenant compte des stimuli sensoriels perçus par l'utilisateur. Les contenus en réalité virtuelle, lorsqu'ils présentent des problèmes de compatibilité avec les modèles sensoriels existant chez l'humain, sont aujourd'hui l'un des freins majeurs au développement d'une expérience utilisateur acceptable <sup>(11)</sup>.

Du point de vue cognitif, représentations d'informations, guidages et affordances doivent être cohérents avec les modèles cognitifs des utilisateurs. L'acceptabilité cognitive peut s'évaluer (non exhaustivement) par des métriques pertinentes en termes d'efficacité dans le traitement de l'information, d'utilité réelle et perçue, ou encore de charge cognitive et de partage d'attention. Des outils technologiques de *tracking* (des mouvements, des gestes, du regard) peuvent non seulement améliorer l'interaction pour l'utilisateur, mais également permettre une interprétation fine de ses comportements et de ses ressentis *in situ*. Ces outils, associés à des algorithmes d'interprétation, pourront également être pertinents dans l'analyse de la cognition sociale <sup>(12)</sup> (coopération, négociation, par exemple).

Enfin, un dernier enjeu d'acceptabilité concerne les aspects sociaux, et même sociétaux. Cette question est posée, tout d'abord, du point de vue de la déontologie d'usage et, plus généralement, du point de vue des problématiques d'éthique. Elle concerne non seulement les nouvelles méthodes de captation et d'interprétation des données, mais aussi l'immersion virtuelle en tant que telle. Concernant la captation de comportements, l'un des premiers écueils réside dans le consentement libre et éclairé de l'utilisateur – un consentement dont le ca-

ractère effectif n'est pas toujours évident (problématique fréquente pour des services en ligne). Un autre questionnement récurrent, fortement lié au point précédent, a trait au respect de la vie privée et de l'anonymat de l'utilisateur. Force est de constater que la question est assez centrale dans plusieurs études de représentation sociale réalisées au sujet des technologies <sup>(13)</sup>, et cela d'autant plus que les moyens de sécurisation réels de nombreux produits technologiques sont peu efficaces, voire totalement absents. Plus qu'une simple négligence de la part des fabricants, la non sécurisation des données connectées est une faille majeure pour la sécurité d'usage.

Du point de vue psychologique, les nouvelles technologies immersives peuvent également questionner le rapport de leurs usagers au réel, ou à de potentiels usages excessifs qui pourraient représenter un danger pour la personne.

Sur le plan de l'analyse des données, il faut également être prudent en ce qui concerne l'impact sociétal que pourraient avoir des interprétations comportementales par trop réductionnistes. Ce qui est interprétable pour un groupe de sujets l'est-il pour un individu particulier ? Oui, mais dans la limite d'un seuil de confiance qui n'est jamais absolu, mais relatif à une probabilité, et qui peut impliquer, dans certains cas, un biais de conformisme. Sur ce point, certaines techniques d'apprentissage machine par renforcement pourraient permettre de personnaliser davantage les analyses en tenant compte plus finement des différences individuelles.

Enfin, notons que les questions sociétales posées par l'usage des technologies d'immersion et de captation de comportements sont également à considérer du point de vue des représentations *a priori*. Celles-ci sont potentiellement influencées par la communication et la prospective, voire par la fiction <sup>(14)</sup>, qui agissent, en retour, sur l'acceptabilité pour les utilisateurs.

## Conclusion

En conclusion, un point notable de ce bref aperçu de quelques enjeux de l'analyse des usages en réalité virtuelle est le fait que les méthodes et les nouveaux outils que nous avons évoqués ici sont par essence les fruits d'un travail pluridisciplinaire. Dans cette démarche, les apports des sciences cognitives et sociales à la conception d'outils technologiques sont centraux, tant au niveau de leur ingénierie qu'au niveau de leur exploitation à des fins de conception de produits et de services.

(11) MALIK (S. H.), BLAKE (H.) et SUGGS (L. S.), 2014.

(12) BAILENSON, BLASCOVICH, BEALL et LOOMIS, 2001.

(13) JÉGOU, DIVERREZ et DESBROSSE, 2016 (sur demande).

(14) SCHMITZ et al., 2008.