

# Ngagement, une plateforme de design et d'évaluation rapide

**Guillaume CALVET<sup>1</sup>, Guillaume JEGOU<sup>2</sup>, Daniel LEWKOWICZ<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Human Design Group (HDG), 2 rue du professeur Pierre Vellas, 31300, Toulouse ;  
guillaume.calvet@hdgroup.fr; daniel.lewkowicz@hdgroup.fr

<sup>2</sup>Institut de Recherche Technologique IRT b<>com, ZAC des Champs Blancs ,1219 avenue  
Champs Blancs, 35510 Cesson-Sévigné ; guillaume.jegou@b-com.com

Résumé.

Grâce aux dernières avancées technologiques, de nombreux nouveaux types d'interaction homme-machine sont à la disposition des concepteurs. Par conséquent, les fabricants ont intensifié leurs efforts pour optimiser leurs processus d'innovation et tirer le meilleur parti des progrès dans le domaine de l'analyse des performances humaines. Le développement de la plateforme b<>com \*Ngagement\* est le fruit de la collaboration entre Human Design Group et l'Institut de Recherche Technologique B <> Com. La plateforme présente deux ambitions fortes. La première consiste à proposer une phase de conception entièrement numérisée en réalité virtuelle permettant des variations de conception avec une grande flexibilité tout en générant une bonne sensation d'immersion. La plateforme b<>com \*Ngagement\* propose un laboratoire de conception matérielle et logicielle dans une salle de conception virtuelle et tangible. La deuxième ambition est une capacité d'évaluation rapide basée sur des indicateurs en temps réel combinant la collecte de données subjectives, des mesures de performances et des indicateurs physiologiques suffisamment discriminants pour être en mesure de déterminer comment les modifications apportées au cours des phases de conception peuvent impacter les performances des opérateurs.

Mots-clés : Interaction Homme-Machine, Réalité Virtuelle, Transformation Digitale, Ergonomie.

## Ngagement, a rapid design and assessment platform

Abstract.

Due to latest technological advances, many new types of human-machine interaction are available to designers. Therefore, manufacturers have increased their efforts to optimize their innovation processes and make the most of innovation advances in the field of human performance analysis.

The development of the b<>com \*Ngagement\* platform is the result of the collaboration between Human Design Group and the technological research institute B<>Com. The platform presents two strong ambitions. The first is to offer a fully digitized design phase in virtual reality allowing design variations with great flexibility while generating a good level of presence. The b<>com \*Ngagement\* platform proposes a hardware and software design lab in a tangible virtual design room. The second ambition is a rapid assessment capability based on real-time indicators combining subjective data collection, performance measurements and physiological indicators that are sufficiently discriminating to be able to determine how changes made during the design phases may impact the performance of operators.

Keywords: Human-Machine interaction, Virtual Reality, Digital Transformation, Ergonomics.

\*Ce texte original a été produit dans le cadre du congrès de la Société d'Ergonomie de Langue Française qui s'est tenu à Paris, les 16, 17 et 18 septembre 2020. Il est permis d'en faire une copie papier ou digitale pour un usage pédagogique ou universitaire, en citant la source exacte du document, qui est la suivante :

Calvet, G., Jegou, G., Lewkowicz, D. (2020). Ngagement, une plateforme de design et d'évaluation rapide. Actes du 55ème Congrès de la SELF, L'activité et ses frontières. Penser et agir sur les transformations de nos sociétés. Paris, 16, 17 et 18 septembre 2020

Aucun usage commercial ne peut en être fait sans l'accord des éditeurs ou archiveurs électroniques. Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page.

## INTRODUCTION

Les évolutions technologiques constantes permettent d'envisager de nouveaux usages notamment en termes d'interactions homme-machine avancées. En effet, il est de plus en plus question d'interaction multimodale, d'interaction avec des avatars, avec des écrans à formes libres, des aides à la décision, d'interfaces adaptatives, de véhicule autonome, d'interaction avec des formes d'intelligence artificielle (IA)... Toutes ces thématiques constituent de nouveaux défis de conception, souvent complexes, qui impliquent donc d'adapter à la fois les méthodes et les outils à disposition des ergonomes.

En parallèle, l'ergonomie elle-même réalise sa transformation digitale par la création ou la digitalisation d'un ensemble d'outils permettant d'adresser ces nouvelles thématiques.

Dans cet article, nous présentons la plateforme b<>com \*Ngagement\*, une forme de solution qui s'appuie à la fois sur les avantages des outils analogiques et des outils numériques en essayant de les combiner.

## PROBLÉMATIQUE

Dans ce contexte de réinvention constante de l'interaction homme-machine avancée et en particulier dans le domaine des systèmes complexes et/ou à risques, les méthodologies classiques de conception, très séquentielles, souvent longues et lourdes à mettre en œuvre, peuvent s'avérer contre-productives.

Les cycles de conception tendent à se raccourcir et les exigences industrielles demandent de dé-risquer le plus tôt possible une innovation d'usage et/ou technologique. Par ailleurs, dans ce type de démarche, il est exigé de mettre en œuvre une conception centrée utilisateur, participative, itérative et permettant de réaliser des situations d'usage suffisamment réalistes (du point de vue de l'IHM et de son contexte d'usage). Toutes ces exigences, quasi antagonistes participent à la complexité des projets et représentent un réel défi puisqu'elles requièrent une immersion écologique (ou réaliste) du point de vue de l'usage, alors que la solution présentée présente une maturité technique ou conceptuelle relativement faible.

Enfin, les exigences en matière de performance (humaine notamment), de compatibilité entre l'homme et le système (du point de vue de la charge mentale ou physique par exemple) demandent des validations subjectives et objectives robustes qui devront souvent aller au-delà des observations expertes.

La plateforme b<>com \*Ngagement\* résulte d'une collaboration entre la société Human Design Group (hdg) et l'Institut de Recherche Technologique (IRT) b<>com, et vise à adresser ce problème à travers une plateforme de conception et d'évaluation mettant à profit la flexibilité de la réalité virtuelle (RV) pour la conception et l'immersion (Fuchs, 2006), la captation de données comportementales et psychophysiques pour la validation.

## DÉMARCHE DE CONCEPTION DE LA PLATEFORME

### Conception Centrée Utilisateur

Au cours de ce projet de conception, la démarche de Conception Centrée Utilisateur (CCU) (ISO. 9241-210: 2010, 2009) a été mise à contribution à double titre :

- 1) L'objet de la plateforme est de supporter la démarche de conception centrée utilisateur des designers dans le domaine des systèmes complexes.
- 2) La conception de la plateforme a elle-même fait l'objet d'une démarche CCU supportée par des méthodes de développement Agile.

L'analyse du besoin a été faite auprès de nombreux ergonomes de hdg ainsi qu'auprès de ses clients. De même, au cours de la conception, plusieurs preuves de concepts (POC) ont été réalisées afin de s'assurer de la pertinence des orientations prises.

### Exigences principales de la plateforme

A l'issue de l'analyse de besoin, les exigences (Requirements) suivantes ont émergées :

**Req 1 :** Fournir des moyens collaboratifs, flexibles et rapides de conception d'interfaces avancées (multimodales, forme libre, embarquées ou non, mono ou pluri utilisateur etc.).

**Req 2 :** Fournir des moyens d'immersion écologiques (représentatifs, tangibles, multimodaux), variés permettant la simulation de multiples environnements (aéronautique, automobile, salle de contrôle), la scénarisation des situations d'usage.

**Req 3 :** Fournir des moyens de validations subjectives et objectives, qualitatives et quantitatives.

Il n'est bien sûr pas possible de donner plus de détails sur ces exigences dans le cadre de cet article, mais celles-ci couvraient un spectre très large et détaillé qui a nécessité une priorisation importante et une remise en question régulière.

## DESCRIPTION GÉNÉRALE DE LA PLATEFORME B<>COM \*NGAGEMENT\*

De manière générale, l'approche de design qui a été retenue, à la fois dans une perspective d'utilité et d'acceptabilité (Tcha-Tokey, K., 2018) et d'adéquation de la digitalisation aux processus de conception (Bortolaso, 2012) a été de tirer avantage des outils analogiques aussi bien que digitaux, dans une perspective d'optimisation. Ces choix se sont traduits dans une approche congruente de réalité mixte (Milgram, 1994) alliant des artefacts purement analogiques vs purement digitaux, mais également des solutions intermédiaires (ex. : recalage entre le réel et le digital).



Figure 1 : Fonctions principales de la plateforme b<>com \*Ngagement\*

Afin de répondre aux exigences listées ci-dessus, les macro fonctionnalités suivantes (Figure 1) ont été identifiées :

- Conception d'interfaces
- Création de scénarii et description des comportements multi-agents
- Atelier de conception collaborative (FabLab IHM) réel et virtuel
- Environnement de simulation immersif
- Support aux évaluations et à l'analyse comportementale

Ces fonctions sont regroupées en deux méta fonctions principales : Plateforme de design et Plateforme d'évaluation qui sont décrites plus en détail ci-dessous.

## PLATEFORME DE DESIGN

### Import d'éléments 2D et 3D

Le besoin d'itération rapide en termes de conception implique une intégration facilitée avec les outils utilisés habituellement par les designers.

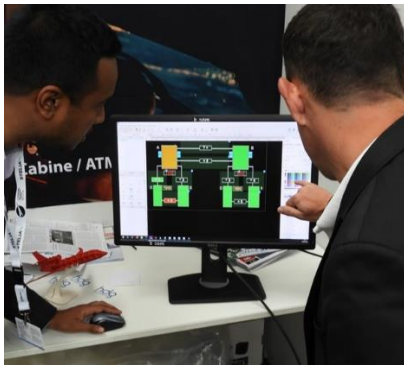


Figure 2 : Modification et import en temps réel d'IHM 2D (ex.: exemple sous Axure™ au format HTML)

Notre plateforme a donc intégré une fonction d'import d'éléments 2D et 3D «à la volée» permettant, comme illustré sur la Figure 2 de modifier une IHM (au format html) par exemple sur Axure™ et de l'importer immédiatement dans la salle de conception 3D (voir FabLab IHM dans la prochaine section). De même, l'import et l'intégration d'éléments 3D est facilitée.

### FabLab IHM: Hardware, software tangible

La première partie du FabLab IHM (Figure 3) permet d'ajouter de nouveaux éléments hardware ou software d'interaction (ex. : Une souris, un joystick etc.).

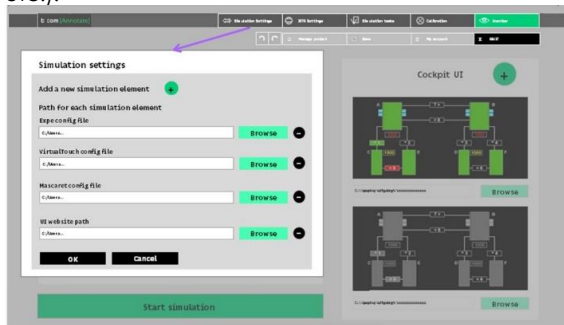


Figure 3 : Ajout d'éléments hardware et software d'IHM

Ces éléments viennent s'ajouter dans la librairie d'interacteurs disponibles dans la salle de conception collaborative en réalité virtuelle (Figure 4). Cette salle permet à un ou plusieurs utilisateurs de réagencer les éléments en temps réel afin de modifier le design en manipulation directe.



Figure 4 : Salle de conception collaborative virtuelle

Dans le cas où le besoin d'immersion tangible est déterminant, les éléments hardware et software peuvent être suivis (trackés) et recalés (mapping) avec leurs représentations digitales afin d'assurer une meilleure homogénéité et compatibilité (Bach & Scapin, 2005) entre les deux mondes digitaux et analogiques (Figure 5). Si nécessaire, il est possible de rendre interactifs des éléments IHM (principalement la modalité tactile) grâce à un suivi du mouvement des mains en VR.



Figure 5 : Tracking et mapping des éléments d'interaction hardware et software

Afin de répondre à l'exigence de flexibilité demandant de prototyper des concepts à formes libres, de différents domaines applicatifs et avec un nombre d'utilisateurs varié, nous avons également conçu une plateforme physique reconfigurable (Figure 6).

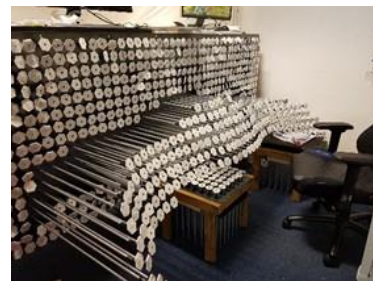


Figure 6 : STICX™ : Plateforme physique reconfigurable

Cette plateforme permet une immersion tangible ainsi que plusieurs possibilités d'immersion visuelle : soit par le biais de projection (vidéo mapping), soit par le biais de la réalité virtuelle (VR mapping).

## Description des comportements des IHM, des systèmes et des agents

Afin de permettre la description des logiques de comportements des divers agents (IHM, Systèmes techniques, agents virtuels etc.), mais également l'exécution de leurs comportements dans l'environnement virtuel, nous avons utilisé l'outil MASCARET (Querrec, 2013).



Figure 7 : Mascarét, outil de modélisation des comportements multi-agents

Cet outil permet de faire le lien entre les descriptions UML des logiques comportementales et leur exécution dans l'environnement de réalité virtuelle UNITY.

## Modélisation et allocation de tâches, définition de scénarii

Au-delà de la description fonctionnelle, l'outil Mascarét (Figure 8) permet la modélisation des tâches opérateurs et leur qualification pour l'analyse de tâche (Diaper, D., Stanton, N., 2004). Au-delà de l'utilisation classique en termes d'ingénierie de la connaissance dans le cadre de la conception basée sur les modèles, cet outil permet également d'assister sur certaines étapes de la CCU.

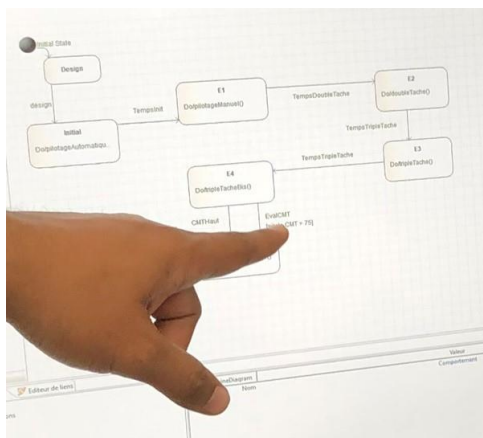


Figure 8 : Mascarét, Outil de modélisation de tâches, de scénarisation

Cet outil permet, à titre d'exemple, la réallocation de tâches entre agents de manière statique a priori, mais également, dans les designs plus avancés ou adaptatifs, en temps réel. Il permet également, grâce à la qualification de tâches, de faire de l'allocation statique de modalités, voire de l'allocation dynamique en fonction de conditions prédéfinies (Large, A.C., Bach, C., Calvet, G., 2018).

## PLATEFORME D'EVALUATION

### Gestion des campagnes d'évaluations

Afin d'évaluer les concepts définis lors de la phase de design, nous avons développé un outil de gestion de campagne d'évaluations. Cet outil intègre des fonctions de planification des évaluations, d'aide à l'observation lors des passations, et d'analyse de données. Il gère également l'usage par différents types de profil d'utilisateur, tels que profil expérimentateur, profil technique ou encore profil invité.

### Planification des évaluations

Lors de la phase de planification, l'utilisateur, selon son profil, peut créer un projet d'évaluation, y définir les paramètres de sa population cible et y importer une sélection d'éléments réalisés à l'aide de la plateforme de design tels que scénarios ou éléments d'interaction (hardware et/ou software).

Ces éléments lui permettent de préparer ses observables à l'aide d'outils intégrés :

- Editeur de questionnaires subjectifs
- Guide d'interview
- Grille d'observation
- Editeur d'ontologies
- Sélection des flux audio et vidéo
- Sélection des mesures de performance
- Sélection de mesures d'activités physiologiques (associées ou non à des indicateurs d'états cognitifs)

La collecte de ces données peut être, selon leur nature, tantôt manuelle, tantôt automatisée. Une fonction Dataviz permettant la sélection des données à visualiser (collecte automatisée) ou à éditer (collecte manuelle) lors de la passation est également intégrée pour permettre à l'utilisateur d'optimiser la prise d'information (cf. Figure 9).

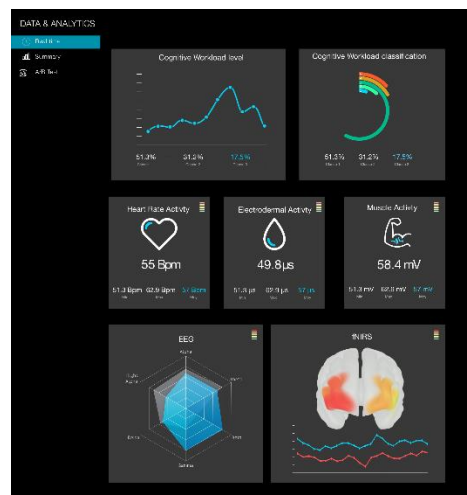


Figure 9 : Fonction Dataviz

Enfin, l'utilisateur peut gérer l'agencement des scénarios prévus dans le déroulé de la passation.

### Passation des évaluations

Les passations s'effectuent généralement avec une randomisation des conditions. Par exemple, si les évaluations consistent à faire une comparaison A/B,



alors 50% des participants commenceront avec le design A en premier et 50% commenceront avec le design B. De même lorsque plusieurs designs proches sont proposés, une randomisation est généralement suggérée.

Au cours des passations, des données comportementales, subjectives et physiologiques sont enregistrées sur la même base temporelle afin de pouvoir procéder à des comparatifs et à des analyses rapides post-évaluation.

Les questionnaires subjectifs peuvent être affichés à des moments déterminés au cours des scénarios. Les observations comportementales peuvent être éditées sous forme de grille d'observation ou de chronogramme d'activités (cf. Figure 10).

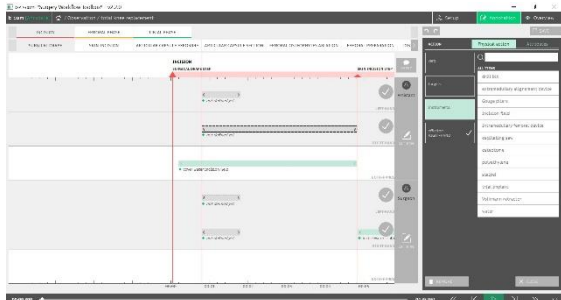


Figure 10 : Editeur de chronogramme d'activités

Un effort important a été réalisé sur la capture de l'activité au sein de la simulation afin de pouvoir réaliser des mesures de performance en quasi temps-réel ainsi que des analyses d'erreurs. Les mesures objectives incluent des données cardiaques, électrodermales, position et rotation de la tête, eye-tracking binoculaire avec pupillométrie et imagerie spectroscopique proche infrarouge fonctionnelle. L'ensemble de ces mesures peut être extrait séparément ou utilisé en combinaison pour différents marqueurs psychophysiologiques tels que le stress, la fatigue, la charge cognitive ou l'engagement au cours de la tâche.

En fin de passation, un débriefing complet avec les participants et des questionnaires post-évaluation ou des entretiens d'auto-confrontations peuvent être proposés afin d'affiner les résultats.

### Analyse des évaluations

Après la passation du test utilisateurs, l'expérimentaliste, toujours selon son profil (i.e. ergonome, neuro-scientifique, spécialiste des interactions), peut modifier et affiner sa collecte de données en revenant sur les éléments collectés manuellement. Une fonction d'import de données externes (schémas, vidéos, flux audio/vidéo supplémentaires...) permet de centraliser les données relatives à l'évaluation venant faciliter l'interprétation des données. Des fonctions de statistiques descriptives et d'édition de graphiques sont incluses pour permettre de premières analyses. Néanmoins, toutes les données recueillies (manuellement ou automatiquement) peuvent être exportées dans des formats classiques pour des analyses spécialisées par des logiciels tiers.

## CAS D'USAGES DÉMONTRÉS: INTÉRÊTS ET LIMITES

Au cours de la conception de la plateforme b<com> \*Ngagement\*, en accord avec la démarche itérative et incrémentale, plusieurs preuves de concepts (POC : Proof of concept) ont été développés afin de vérifier l'adéquation entre les exigences **a priori** et les résultats obtenus. Le premier POC s'intégrait au domaine automobile, présenté au Mondial de l'Auto de Paris 2019 permettant de concevoir une nouvelle interface de rétroviseur et de navigateur. Il permettait également de vérifier l'état de stress du conducteur grâce à des données issues de capteurs de données électrodermales et visuelles (Figure 11).

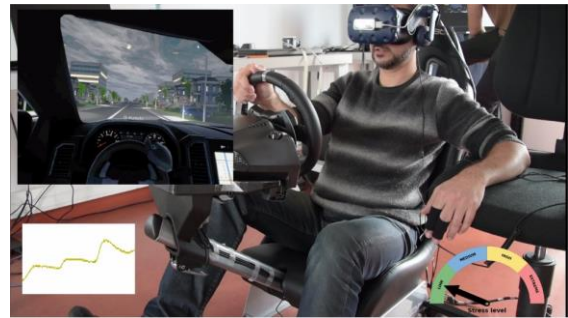


Figure 11 : Illustration du POC automobile

Un deuxième POC dédié au domaine aéronautique a été réalisé (Figure 12). Celui-ci permettait d'illustrer des fonctions supplémentaires telles que la salle de conception interactive en VR et tangible, la mesure de la charge mentale, et les logiques adaptatives associées.



Figure 12 : Illustration du POC aéronautique au Salon du Bourget 2019

Un troisième POC est en cours de réalisation afin d'illustrer de nouvelles fonctions (ex. : collaboration multi-utilisateurs, échelle d'une salle, gestion de campagnes d'évaluations, visualisation et annotation de données etc.). Le domaine retenu est celui d'une salle de contrôle pour la supervision de processus.

A la suite de ces démonstrations, plusieurs cas clients ont également été réalisés. Ceux-ci ont permis à la fois de valider une partie des solutions proposées, notamment leur utilité pour démontrer la valeur d'un nouveau design (par exemple dans le cadre de la conception d'une salle de contrôle d'un navire, nous avons pu valider l'organisation du travail, l'aménagement de la salle ainsi que la position des écrans par exemples). Cependant, nous avons également identifié certaines limites portant à la fois sur le positionnement clients et les études cibles, ainsi que sur les fonctionnalités de la plateforme. A propos du positionnement client et des études cibles, comme tout outil, il représente un certain investissement

(principalement le développement de l'environnement 3D qui comprend le nouveau design et souvent un environnement de mise en situation et de scénarisation) qui devra être justifié au regard des bénéfices attendus. Cet investissement sera d'autant plus justifié si l'étude se place en amont de la conception, la plateforme pouvant donc servir à la fois à l'ergonome pour la phase de (co-)conception mais également pour le support à la phase de validation durant les tests utilisateurs.

Dans la lignée du positionnement commerciale à raffiner, de nombreuses fonctions d'optimisation sont également à développer, notamment sur la phase d'intégration des éléments de design et d'environnement qui doit être facilitée (ex. : import ou modification dans la plateforme). Aujourd'hui, la plateforme est intégrée dans une offre de service avec une licence et elle se positionne sur des études de systèmes complexes et/ou à risque, justifiant son surcout.

## CONCLUSION ET MISE EN PERSPECTIVE

La réalisation des divers POCs a démontré la généralité de la plateforme b<>com \*Ngagement\*, et sa capacité à s'adapter facilement à différents cas d'usages d'interactions avancées (par exemple dans le domaine aéronautique dans le cadre d'interfaces adaptatives). Cependant, de nombreux points, à la fois sur le concept et sur la réalisation technique, sont encore à affiner.

Il s'agira par exemple de vérifier l'acceptabilité et l'expérience utilisateur de la plateforme, et notamment de la VR, pour certaines phases de la conception (Tcha-Tokay, K. 2018). Bien que la plateforme ait été conçue en suivant la méthode CCU, une phase de validation de son usage est prévue afin de définir son rôle et ses modalités d'insertion précises dans le déroulement de la démarche de l'ergonome.

Il conviendra également de vérifier la qualité de la validation des tests en VR et la possible transposition des résultats dans des situations réelles, sachant que la plate-forme s'applique à des niveaux de maturité conceptuelle faibles (entre TRL 0 et TRL 3).

Par ailleurs, de nombreuses autres solutions peuvent également répondre aux exigences d'une telle plateforme par exemple en l'étendant à d'autres technologies immersives telles que la réalité mixte et/ou augmentée.

Enfin, en ce qui concerne la partie évaluation, de nombreuses améliorations doivent encore être réalisées, notamment en termes de robustesse de la qualité des données capturées et de leur pouvoir prédictif (par exemple la fiabilité des indicateurs de charge mentale sont encore au stade de développement et à valider sur des situations d'usages différents).

Bien que les cas d'usages illustrés dans cet article soient focalisés sur la conception et l'évaluation, il est à noter que les outils utilisés, aussi bien pour l'immersion que pour le monitoring de l'utilisateur, peuvent également être utiles dans des situations d'apprentissages (training). En effet, de nombreux

exemples d'usages de simulateurs peuvent être cités, mais l'ajout de fonctionnalités de monitoring de la performance est relativement plus récent (Voir (Dubois, 2017) pour un exemple dans le cadre de la formation des pilotes). Dans ce contexte, la plateforme b<>com \*Ngagement\* pourrait constituer un outil très intéressant de scénarisation d'immersion et de suivi d'indicateurs de performances (ex. : rapidité de détection d'un élément, niveau de charge vs niveau de performance etc.) pour l'optimisation de la formation.

## BIBLIOGRAPHIE

Bach, C., Scapin, D. (2005). Critères Ergonomiques pour les Interactions Homme-Environnements Virtuels : définitions, justifications et exemples. [Rapport de recherche] RR-5531, INRIA. 2005, pp.47

Bortolaso, C. (2012). Méthode de Conception Assistée par les Modèles pour les systèmes interactifs mixtes. Thèse Université Toulouse 3 Paul Sabatier

ISO. 9241-210: 2010. (2009). Ergonomics of human system interaction-Part 210: Human-centred design for interactive systems. International Standardization Organization (ISO).

Diaper, D., Stanton, N., (2004). The handbook of task analysis for human-computer interaction. Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.

Dubois, E. (2017). Optimisation de la formation des pilotes par l'éducation du comportement oculaire. PhD thesis, Toulouse, ISAE, 2017.

Goh, Ken & Spencer, Robert. (2019). Virtual Reality for Concept Design. Conference proceedings Royal Institution of Naval Architects: Warship 2018, London

Fuchs et al., (2006). Le Traité de la réalité virtuelle, troisième édition, 5 volumes. Presses de l'école des Mines.

Large AC., Bach C., Calvet G. (2018). CONTACT: A Human Centered Approach of Multimodal Flight Deck Design and Evaluation. In: Harris D. (eds) Engineering Psychology and Cognitive Ergonomics. EPCE 2018. Lecture Notes in Computer Science, vol 10906. Springer, Cham

Milgram, P., Kishino, F. (1994). Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. IEICE Transactions on Information and Systems, E77-D(12), pp. 1321-1329, 1994.

Querrec, R., Vallejo, P., Buche, C. (2013). MASCARET: creating virtual learning environments from system modelling. SPIE, Engineering Reality of Virtual Reality (ERVIR'13), Feb 2013, United States. pp.8649-04

Tcha-Tokey, K. (2018). Conception et Evaluation de l'expérience utilisateur en environnement Virtuel Immersif. Thèse obtenue à l'École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers