

Thèse CIFRE

« Immersion hyper réaliste et multi-sensorielle 3D »

- **Laboratoire d'accueil :** Institut Image, Arts et Métiers ParisTech



1. CONTEXTE

Le Centre de Réalité Virtuelle (CRVSI) de RENAULT développe plusieurs outils et applications pour les métiers de l'Ingénierie Renault, pour l'ergonomie, l'architecture cockpit, la qualité perçue ou encore ambiance lumineuse ainsi que pour le design véhicule. L'institut image du laboratoire Le2i, d'Arts et Métiers ParisTech, développe un savoir-faire dans les techniques d'immersion virtuelle pour l'interaction avec la maquette virtuelle.

Ce travail sera mené en lien avec le projet IRIS (Interactive Room and Interactive Systems) à très haute performance (à base de technologie 4K) du CRVSI, consistant à développer des méthodes et outils d'immersion virtuelle de haut niveau technologique. Ce projet devra permettre de tester des cas d'utilisation métiers pour les applications d'architecture véhicule et ergonomie (Ergo Physique et Aménagement Intérieurs, Métier Ergo Physique et Métier Ergo Cognitive) en virtuel, y compris pour la qualité perçue et dans un deuxième temps pour la direction de design.

2. INTRODUCTION

La maquette numérique est désormais inscrite dans les processus de conception et développement de nos véhicules. Sa représentation visuelle peut prendre plusieurs formes, la plus basique étant un affichage en 2D sur un grand écran ou un poste de travail. Dans une approche plus complète, cette maquette peut être exploitée en environnement immersif. Dans un tel cas, elle est présentée avec une perception interactive, en 3D avec relief, et à l'échelle 1. C'est aujourd'hui ce qui est mis en œuvre dans un outil de type CAVE.

Cependant, un certain nombre de critères de mise en œuvre ou de limites inhérentes à l'état de l'art de la technologie actuelle limitent la qualité ou la précision de l'expérience utilisateur, en particulier pour des usages métiers tels que l'ergonomie physique, cognitive ou même l'architecture intérieure ou l'habitabilité perçue :

- Le concept de CAVE actuel ne permet pas de ressentir ou d'évaluer les atteignabilités visuelles et anthropométriques (notion de toucher virtuel ou retour haptique des contacts avec la maquette numérique)

- Le point de vue calculé par le calculateur graphique est généralement centré sur le milieu de l'écran, ce qui induit des distorsions de certains indices de la perception visuelle humaine lorsque le regard de l'utilisateur n'est pas lui-même centré sur le milieu de l'écran.

- Le temps de réaction du système est élevé (entre le moment où l'utilisateur se déplace et l'affichage de l'image par le vidéoprojecteur), ce qui est impactant pour une expérience utilisateur avec « l'homme dans la boucle ». La fréquence de rafraîchissement est également limitée par le poids de la maquette numérique qui nécessite des traitements graphiques importants, ce dernier point pouvant être résolu en augmentant la puissance de calcul du système.

- Si la lisibilité est aujourd'hui assurée par une résolution d'affichage proche de celle de l'œil humain, la maîtrise de l'environnement lumineux est limitée, d'une part par les capacités du logiciel, mais surtout par la représentation informatique des couleurs (modèle RGB) ainsi que les limites du système de projection (limites du flux lumineux et du contraste).

Le thème de recherche est d'étudier des solutions en rupture qui permettent de prendre les limites exprimées ci-dessus. La thèse vise à analyser et comprendre les verrous scientifiques d'une telle prise en compte en environnement de simulation immersive, puis à expérimenter.

3. OBJECTIF

L'objectif de la thèse est de développer les outils futurs de visualisation et interaction immersive 3D, adaptés au contexte d'utilisation et en prenant en compte le meilleur niveau de l'état de l'art matériel et logiciel. Le sujet de thèse, porte sur les interactions entre l'utilisateur et la maquette virtuelle dans une salle d'immersion virtuelle avec des dispositifs intuitifs et innovants tout en mesurant et respectant les qualités d'affichage et de perception d'échelle.

Les problématiques scientifiques et technologiques auront pour cadre :

- méthodes et outils de calibration hyperréaliste avec la maquette virtuelle,
- visualisation de la maquette en fonction du métier ou du centre d'intérêt,
- qualité perçue de la maquette virtuelle lors de la revue de projet.

Les questions de recherche qui seront adressées dans le cadre de ce travail de recherche sont les suivantes :

- comment définir l'hyperréalisme ?
- comment gérer les mécanismes de perception visuelle sous-jacente (accommodation, convergence, parallaxe, profondeur de champ et caractéristiques oculaires de l'observateur) ?
- comment garantir une fidélité de restitution de la maquette virtuelle lors d'une revue de projet (échelle, couleurs,) ?

4. BIBLIOGRAPHIE

- [1] Kemeny A., Paillé D., Berthoz A. Stereoscopic stimuli are not used in absolute distance evaluation to proximal objects in multi-cue virtual environment. Proceedings of the IS&T/SPIE 17th Annual Symposium Electronic Conference "Image Quality and System Performance II", 2005, 16-20 January, San Jose, CA, USA
- [2] Kemeny A, Panerai P. Evaluating perception in driving simulation experiments. Trends Cogn Sci. 2003 Jan;7(1):31-37.
- [3] Wexler M, Panerai F, Lamouret I, Droulez J. Self-motion and the perception of stationary objects. Nature. 2001 Jan 4;409(6816):85-8.
- [4] Kemeny A., Combe E., Posselt J., Perception Is Size in Vehicle Architecture Studies, 5th. INTUITION International Conference : Virtual Reality in Industry and Society : From Research to Application, 6-8 October 2008, Turin, Italy
- [5] Leroy, L., Fuchs, P., and Moreau, G., Real-time adaptive blur for reducing eye strain in stereoscopic displays. ACM Transactions on Applied Perception 9, 2, 1-18, 2012.
- [6] Toward mobile eye-based human-computer interaction, A Bulling, H Gellersen Pervasive Computing, IEEE, 2010
- [7] Akeley, K., Watt, S. J., Girshick, A. R., and Banks, M. S. 2004. A Stereo Display Prototype with Multiple Focal Distances. Proceedings of ACM SIGGRAPH 2004 23, 3, 804--813.
- [8] Barsky, B. A. and Kosloff, T. J. 2008. Algorithms for Rendering Depth of Field Effects in Computer Graphics. World Scientific and Engineering Academy and Society (WSEAS), 999--1010.
- [9] Blum, T., Bias, Wiczorek, M., Aichert, A., Tibrewal, R., and Navab, N. 2010. The effect of out-of-focus blur on visual discomfort when using stereo displays. 2010 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality, 13--17.
- [10] Brooker, J. P. and Sharkey, P. M. 2001. Operator performance evaluation of controlled depth of field in a stereographically displayed virtual environment. Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems VIII 4297, 1, 408--417.

- [11] Drascic, D. and Milgram, P. 1996. Perceptual issues in augmented reality. *Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems III* 2653, 123--134.
- [12] Gibson, J. J. 1950. *The perception of the visual world*. Houghton Mifflin, Boston, MA, USA.
- [13] Grossmann, P. 1987. Depth from focus. *Pattern Recognition Letters* 5, i1, 63--69.
- [14] Gullstrand, A. 1910. The optical system of the eye. *Helmholtz's Treatise on Physiological Optics* 1, 350--358. <http://poseidon.sunyopt.edu/helmholtz/OCRVolume3>.
- [15] Hillaire, S., Lécuyer, A., Cozot, R., and Casiez, G. 2008b. Depth-of-field blur effects for first-person navigation in virtual environments. *IEEE computer graphics and applications* 28, 6, 47--55.
- [16] Hoffman, D. M., Girshick, A. R., Banks, M. S., and Akeley, K. 2008. Vergence--accommodation conflicts hinder visual performance and cause visual fatigue. *Journal of Vision* 8, 3, 1--30.
- [17] Kooi, F. and Toet, A. 2004. Visual comfort of binocular and 3D displays. *Displays* 25, 2-3, 99--108.
- [18] Krivanek, J., Zara, J., and Bouatouch, K. 2003. Fast depth of field rendering with surface splatting. *Computer Graphics International*, 196--201.
- [19] Wann, J. P., Rushton, S., and Mon-Williams, M. 1995. Natural problems for stereoscopic depth perception in virtual environments. *Vision Research* 35, 19, 2731--2736. Watt, S. S. J., Akeley, K., Ernst, M. M. O., and Banks, M. M. S. 2005. Focus cues affect perceived depth. *Journal of Vision* 5, 10.