

ImmerCIV : Immersive Collaborative Information Visualization

Contexte : le but de cette thèse est d'étudier l'intérêt de l'usage de visualisations 3D immersives collaboratives synchrones basées sur des techniques de Réalité Virtuelle et Augmentée pour visualiser et analyser des données. Dans un cadre d'apprentissage à l'analyse et la reconnaissance de données issues de la guerre électronique visualisées à l'aide de techniques 3D immersives, Thales DMS s'intéresse à l'usage de visualisations 3D immersives collaboratives synchrones. En effet, la visualisation de données complexes nécessite souvent un apprentissage complexe où une expertise complémentaire est bienvenue pour un apprenant, et il y a un manque d'outils permettant une collaboration efficace entre experts et apprenants pour mieux analyser et comprendre ces jeux de données complexes.

Enjeux : s'il a déjà été démontré que les visualisations immersives 3D en Réalité Virtuelle peuvent fournir de meilleurs indices visuels ou une meilleure utilisation de l'espace (voir en particulier travaux précédents entre IMT Atlantique et Thales autour du projet HeloVis dans le cadre de la thèse d'Alma Cantu), bien peu d'environnements immersifs permettent à plusieurs utilisateurs de collaborer pour analyser des jeux de données complexes, que ce soit en mode synchrone ou en mode asynchrone, avec des vues symétriques (tous les collaborateurs sont immergés de la même façon dans l'environnement virtuel) ou asymétriques (les utilisateurs ont des vues complémentaires ou des moyens d'interactions différents, utilisant des technologies immersives différentes comme par exemple la Réalité Virtuelle et la Réalité Augmentée).

Challenges : répondre à un certain nombre de questions telles que :

- Quelles métaphores 3D d'interaction et de navigation seraient nécessaires pour faciliter la manipulation de leurs jeux de données par plusieurs utilisateurs ?
- Comment la nature des ensembles de données influence-t-elle la façon dont les utilisateurs peuvent percevoir et collaborer ?
- Quels types de nouvelles métaphores de visualisation 3D associées à de nouveaux modes de navigation et d'interaction sont nécessaires pour exploiter efficacement à plusieurs utilisateurs des ensembles de données volumineux/énormes ?
- Est-ce que la collaboration entre plusieurs utilisateurs immergés dans les mêmes données, ou possédant des vues complémentaires sur ces données, peut faciliter leur analyse ?
- Dans quels cas faut-il proposer des situations de collaboration avec des vues symétriques ou bien asymétriques et complémentaires ?

Ces travaux s'inscrivent dans la lignée de précédentes thèses soutenues à IMT Atlantique et au Lab-STICC :

- Alma Cantu (soutenue en février 2018) :
 - New Interactive Visualization Modes for Electronic Warfare
 - <https://theses.hal.science/tel-01880977>
- Alexandre Kabil (soutenue en décembre 2019) :
 - 3D CyberCOP: 3D Interactive and Collaborative Visualization for Cyber-Security
 - <https://theses.hal.science/tel-02891934v1>
- Pirizivè Kobina (soutenue en juillet 2022) :
 - New 3D Graph Visualizations for Exploration of Relations between Communities
 - <https://theses.hal.science/tel-03766450>
- Nicolas Delcombel (soutenue en décembre 2023)
 - Virtual Reality for Cyber Security to enhance intrusion detection, investigation and decision
 - <https://theses.hal.science/tel-04444727>

Cas d'usage fourni par Thales DMS France : le cas d'usage de la Guerre Electronique (GE) en général et du Renseignement d'Origine ElectroMagnétique (ROEM) en particulier, support aux travaux antérieurs en collaboration entre Thales et IMT Atlantique dans le domaine, sera reconduit pour les présents travaux et élargi afin d'introduire une problématique de travail en équipe. Dans cette optique, le domaine de la PATrouille MARitime (PATMAR) aéroportée, telle qu'opérée par la Marine Nationale française sur les avions Atlantique 2 (ATL2), se prête particulièrement bien à l'étude des comportements collaboratifs en équipe, puisque les équipages ATL2, composés de 16 opérateurs répartis en 4 cellules de 3 opérateurs (radar/navigation, transmissions, acoustique, GE) plus un coordinateur tactique (chef de mission) et 3 opérateurs en cockpit (pilote, co-pilote/chef de bord, mécanicien de bord), doivent collaborer en continu pour la réussite de la mission. Les travaux de thèse pourront porter dans un premier temps sur les questions de

collaboration au sein de la cellule GE ATL2, avant d'être étendus si pertinent à la collaboration de l'ensemble de l'équipage ATL2. Ces travaux pourront avoir un impact fort dans le cadre de la préparation du programme de remplacement des ATL2 de la Marine Nationale par des nouveaux avions plus modernes, programme intitulé PATMAR FUTUR, pour lesquels le concept équipage de l'ATL2 sera reconduit et dont les études préliminaires ont démarré en 2025 avec un objectif de démarrage du contrat proprement dit en 2027 pour une livraison à l'horizon 2035.

Environnement logiciel : il est prévu d'utiliser des outils tels que Unity 3D pour la visualisation immersive de données ainsi qu'un moteur de mise en réseau tel que NetCode for GameObjects pour construire des prototypes collaboratifs de visualisation immersive, la faisabilité technique ayant été validée au préalable durant le micro-projet CORMORANT 2026 eCOM-VR qui a permis de lever un verrou technique important à propos de la capacité à utiliser des moteurs de mise en réseau avec Unity 3D en garantissant la maîtrise des échanges réseaux (restriction à des échanges sur un réseau privé protégé) entre plusieurs collaborateurs partageant un même univers virtuel.

Précisions administratives

- Direction de thèse : **Thierry Duval** et **Cédric Fleury** (IMT Atlantique et Lab-STICC INUIT)
- Co-encadrement : **Olivier Grisvard** (THALES)
- École Doctorale : **ED SPIN** (site de Brest)
- Employeur : **THALES** Brest
- Localisation : **50% THALES** Brest, **50 % IMT Atlantique**

Planning prévisionnel

- **M1-M6** : Rédaction d'un état de l'art, prise en main des outils de développement (Unity 3D, C#), identification avec THALES de la nature des données à visualiser, recherche de quelles sont les représentations visuelles les plus adaptées pour ces types de données, identification de la nature des tâches d'analyses des opérateurs de GE
- **M7-M14** : Proposition collaborative RV immersive symétrique de navigation et de perception des activités des autres au sein de données complexes, développement d'un prototype visualisant un jeu de données validé par THALES (banalisé mais représentatif), évaluation comparative avec une situation où les experts collaborent dans le contexte d'une cellule GE classique
- **M15-M22** : Proposition collaborative RM immersive asymétrique, développement d'un prototype et évaluation comparative avec le prototype collaboratif symétrique
- **M23-M30** : Proposition collaborative RM immersive intégrant la possibilité de passer dynamiquement d'un mode à l'autre (symétrique / asymétrique), développement d'un prototype et évaluation comparative avec le meilleur des 2 prototypes collaboratifs réalisés précédemment
- **M30-M36** : Rédaction du manuscrit de thèse et préparation de la soutenance

Liste de publications des encadrants relatives à la problématique :

- Human-centered Evaluation of 3D Radial Layouts for Centrality Visualization
 - P. Kobina, T. Duval, L. Brisson, A. David
 - in proceedings of WSCG 2022, 30th International Conference in Central Europe on Computer Graphics, Visualization and Computer Vision, Pilsen, Czech Republic (virtual event), May 17-20, 2022
- CyberCopter: a 3D helical visualisation for periodic signals of cyber attacks
 - N. Delcombel, A. Kabil, T. Duval, M.-O. Pahl
 - in Proceedings of VR4Sec 2021, 1st International Workshop on Security for XR and XR for Security, virtual event, August 6, 2021
- Alert Characterization by Non-Expert Users in a Cybersecurity Virtual Environment: a Usability Study
 - A. Kabil, T. Duval, N. Cuppens
 - in proceedings of SALENTO AVR 2020, 7th International Conference on Augmented Reality, Virtual Reality and Computer Graphics, to appear, Lecce (online), Italy, September 7-10, 2020
- 3D radial layout for centrality visualization in graphs
 - P. Kobina, T. Duval, L. Brisson
 - in proceedings of SALENTO AVR 2020, 7th International Conference on Augmented Reality, Virtual Reality and Computer Graphics, to appear, Lecce (online), Italy, September 7-10, 2020
- Expert evaluation of the usability of HeloVis: a 3D Immersive Helical Visualization for SIGINT Analysis
 - A. Cantu, T. Duval, O. Grisvard, G. Coppin
 - in proceedings of EuroVR 2019, International Conference on Virtual Reality and Augmented Reality, Springer Verlag, p. 181-198, Tallinn, Estonia, October 23-25, 2019
- From Cyber Security Activities to Collaborative Virtual Environments Practices through the 3D CyberCOP Platform
 - A. Kabil, T. Duval, N. Cuppens, G. Le Comte, Y. Halgand, C. Ponchel
 - in proceedings of ICISS 2018 (14th International Conference on Information Systems Security), p. 272-287, Bengaluru, India, December 16-20, 2018
- 3D CyberCOP: a Collaborative Platform for Cybersecurity Data Analysis and Training
 - A. Kabil, T. Duval, N. Cuppens, G. Le Comte, Y. Halgand, C. Ponchel
 - in proceedings of CDVE 2018 (15th International Conference on Cooperative Design, Visualization and Engineering), Springer, p. 176-183, Hangzhou, China, October 21-24, 2018
- HeloVis: a Helical Visualization for SIGINT Analysis using 3D immersion
 - A. Cantu, T. Duval, O. Grisvard, G. Coppin
 - in proceedings of PacificVis 2018 - IEEE Pacific VisualizArticles in peer-reviewed conferences, symposiums and workshops, with published proceedings
- Why should we use 3D Collaborative Virtual Environments for Cyber Security?
 - A. Kabil, T. Duval, N. Cuppens, G. Le Comte, Y. Halgand, C. Ponchel
 - in Procum, Notes track, IEEE, to appear, Kobe, Japan, April 10-13, 2018