

Fully Funded 3-year PhD Position

## Immersive interaction (AR, VR & MR) and machine learning methods to optimize and control 3D trajectories simulation

**Research teams:** Équipe d'Informatique Interactive de l'ENAC / Équipe I3EM du CEMES-CNRS

**Thesis direction:** Martin Hytch (CEMES) and Sylvain Pauchet (ENAC)

**Duration:** 36 mois, October 2021 - September 2024

**Doctoral School:** EDSYS

### Keywords

Augmented Reality, Virtual Reality, Mixed Reality, Machine Learning, trajectory simulation, immersive interactions, spatialized interactions, visualizations of temporal and spatial data, immersive analytics

### Context and objectives

This thesis is at the crossroads of research in Human-Computer Interaction (visualization, manipulation and optimization of complex 3D trajectories) and microscopy instrumentation for nanosciences.

The thesis objective is to study the use of immersive visualization and Machine Learning methods to optimize, control and analyze 3D trajectory simulations. To carry out this research we will rely on the context of electron microscopy as a field of study and more specifically on an initial work (Kubo et al), carried out at CEMES, of electron trajectories simulation in a Transmission Electron Microscope (TEM).



The thesis will initially focus on defining solutions for automatic characterization of the microscope column elements behavior to optimize the existing trajectory simulation model (characterization of the microscope elements behaviors according to the shape of the beam using a neural network). In a second step, it will focus on the visualization and manipulation of these 3D trajectories in an immersive environment with high usability (Besançon et al.). The PhD student will have to propose new ways of trajectories representation and interaction to promote the adoption of modern immersive analytics techniques (Cordeil et al, 2019) in the existing workflows of microscopists.

## Scientific Impacts

**HCI:** Production of an immersive interactive 3D trajectory optimization and control system that can be used as a demonstrator. Contribute to the production of knowledge in the fields of "Immersive Interactions", "AR and VR", "Immersive Analytics", "visual programming".

**Physics:** The new direct electron detectors are revolutionizing electron microscopy methods by the quality and quantity of data (up to 1500 images per second). This thesis is part of this dynamic of improving the acquisition, exploitation and rapid interpretation of data. In pedagogical terms, we want to develop a new approach to training in electron microscopy that could be generalized, and a new interaction between these complex machines and an external audience.

## Outline

- Introduction to microscopy, study of the microscopists activity and introduction to existing software. Review of the literature and familiarization with the state of the art (immersive interactions, Immersive Analytics, visualizations of temporal and spatial data, Machine Learning...).
- Design and development of immersive visualizations and interactions of electron trajectories. Running a first user study / experimental campaign.
- Analyzing the results and implementing modifications for a second run. Participation to the conferences. Thesis writing and defense.

## PhD Candidate's Profile

- Master research or engineering degree in human-computer interaction, computer science, physics, materials science or mathematics;
- Strong interest in human-computer interaction and Machine Learning methods;
- Interest in virtual reality and augmented reality;
- Strong programming skills (Unity, C#, Python);
- Basic knowledge in the use of 3D software;
- Autonomous, motivated and rigorous.

## Application procedure

Formal applications should be sent to Sylvain Pauchet (sylvain.pauchet@enac.fr) and Martin Hytch (martin.hytch@cemes.fr).

They should include a detailed CV, a motivation letter, transcripts of degrees. Samples of published research by the candidate will be a plus.

## References

Besançon L., Ynnerman A., Keefe D. F., Yu L., et Isenberg T. *The State of the Art of Spatial Interfaces for 3D Visualization*. Computer Graphics Forum, p. cgf.14189, 2021.

Cordeil M, Cunningham A, Bach B, Hurter C, Thomas B, Marriott K and Dwyer T. 2019. *IATK: An Immersive Analytics Toolkit*. 2019 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR).

Kubo Y, Gatel C., Snoeck E., and Houdellier F. *Optimising electron microscopy experiment through electron optics simulation*. Ultramicroscopy, 2017, pp.67-80.

Dupuy, Julien. *Contrôle dynamique et optimisation des observations en microscopie électronique en transmission*. PhD Thesis, Université de Toulouse, 2021.

Appel à candidature pour une thèse en informatique financée par l'Université fédérale Toulouse Midi-Pyrénées et la région Occitanie.

## Immersive interaction (AR/VR & MR) and machine learning methods to optimize and control 3D trajectories simulation

**Équipes d'accueil :** Équipe d'Informatique Interactive de l'ENAC / Équipe I3EM du CEMES-CNRS

**Direction de la thèse :** Martin Hytch (CEMES) et Sylvain Pauchet (ENAC)

**Durée :** 36 mois, Octobre 2021 - Septembre 2024

**École Doctorale :** EDSYS

### Mots clés

Réalité augmentée, réalité virtuelle, Réalité Mixte, Machine Learning, simulation de trajectoires, interactions immersives, interactions spatialisées, visualisations de données temporelles et spatiales

### Contexte et objectifs

Cette thèse se situe à la croisée de la recherche en interaction homme-machine (sur la visualisation, la manipulation et l'optimisation de trajectoires 3D complexes) et l'instrumentation en microscopie pour les nanosciences.

L'objectif de la thèse est d'étudier l'utilisation de la visualisation immersive et des méthodes de Machine Learning pour optimiser, contrôler et analyser des simulations de trajectoires 3D. Pour mener cette recherche nous nous appuyerons sur le contexte de la microscopie électronique comme terrain d'étude et plus spécifiquement sur un travail initial (Kubo et al), réalisé au CEMES, de simulation de trajectoires d'électrons dans un microscope électronique en transmission (TEM).



La thèse s'attachera, dans un premier temps, à définir les moyens de caractérisation automatique (méthodes de Machine Learning) des comportements des éléments de la colonne du microscope pour optimiser le modèle de simulation de trajectoires existant. Dans un deuxième temps, elle s'intéressera à la visualisation et manipulation de ces trajectoires 3D dans un environnement immersif de manière efficace, efficiente et satisfaisante (Besançon et al.). Le doctorant devra proposer de nouveaux moyens de représentation et d'interaction des trajectoires pour favoriser l'adoption des techniques d'analyse immersive modernes (Cordeil et al, 2019) dans les flux de travail existants des microscopistes.

## Impacts scientifiques visés

**IHM** : Production d'un système interactif immersif d'optimisation et de contrôle de trajectoires 3D pouvant servir de démonstrateur. Contribuer à la production de connaissances dans les champs des "Interactions immersives", " AR et VR", "Immersive Analytics", "visualisations de données temporelles et spatiales", "programmation visuelle".

**Physique** : Les nouveaux détecteurs d'électrons directes révolutionnent actuellement les méthodes de microscopie électronique par la qualité et la quantité des données (jusqu'à 1500 images par seconde). Cette thèse s'inscrit dans cette dynamique d'amélioration de l'acquisition, de l'exploitation et de l'interprétation rapide des données. En termes pédagogiques, nous voulons développer une nouvelle approche à la formation en microscopie électronique qui pourrait être généralisée, et une nouvelle interaction entre ces machines complexes et un public extérieur.

## Travail demandé

- Initiation à la microscopie, étude de l'activité de l'équipe de microscopistes et prise en main des logiciels existants. Revue de la littérature et familiarisation avec l'état de l'art (interactions immersives, Immersive Analytics, visualisations de données temporelles et spatiales, Machine Learning...)
- Conception et réalisation de visualisations et interactions immersives des trajectoires d'électrons. Réalisation d'une première étude d'utilisateurs/campagne expérimentale.
- Test et évaluation des systèmes développés. Participation aux congrès et rédaction d'articles.

## Profil recherché

- Master 2 recherche ou diplôme d'ingénieur en interaction homme-machine, informatique, physique, science de matériaux ou mathématiques;
- Fort intérêt pour l'interaction homme-machine et les méthodes de Machine learning;
- Intérêt pour la réalité virtuelle, réalité augmentée;
- Solides compétences en programmation (Unity, C#, Python) ;
- Connaissances de base en utilisation de logiciels 3D;
- Autonome, motivé et rigoureux.

## Modalité de candidature

Les candidatures sont à adresser à Sylvain Pauchet ([sylvain.pauchet@enac.fr](mailto:sylvain.pauchet@enac.fr)) et Martin Hytch ([martin.hytch@cemes.fr](mailto:martin.hytch@cemes.fr)).

Elles doivent être constituées d'un CV, d'une lettre de motivation, de la copie des notes et classement aux examens de M1 et de M2 (si disponible). Du rapport de M2 (si disponible) ainsi que toutes autres pièces que vous jugerez utiles.

## Bibliographie

Besançon L., Ynnerman A., Keefe D. F., Yu L., et Isenberg T. *The State of the Art of Spatial Interfaces for 3D Visualization*. Computer Graphics Forum, p. cgf.14189, 2021.

Cordeil M, Cunningham A, Bach B, Hurter C, Thomas B, Marriott K and Dwyer T. 2019. *IATK: An Immersive Analytics Toolkit*. 2019 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR).

Kubo Y, Gatel C., Snoeck E., and Houdellier F. *Optimising electron microscopy experiment through electron optics simulation*. Ultramicroscopy, 2017, pp.67-80.

Dupuy, Julien. *Contrôle dynamique et optimisation des observations en microscopie électronique en transmission*. PhD Thesis, Université de Toulouse, 2021.