

Projet de Master 2

Patrimoine en arts décoratifs et nouveaux matériaux pour la couleur : simulation du rendu visuel d'objets plasmoniques complexes

- **Contexte.** Les nanoparticules de métaux nobles présentent des propriétés optiques remarquables dues au phénomène de résonance de plasmon de surface. Ces propriétés ont été exploitées depuis plus de deux millénaires en arts décoratifs, conférant aux matériaux dans lesquels les nano-objets sont dispersés des couleurs profondes, changeant avec l'angle d'observation : verres, glaçures, céramiques, porcelaines, vitraux. Les artisans-artistes ont parfois réussi à obtenir des effets colorés complexes tels que du dichroïsme (Fig.1) ou de l'iridescence, fruit de la combinaison entre absorption et diffusion, modes plasmoniques et interférences de couches minces. Par des approches multi-échelles et une méthode de tracé de rayons, nous proposons de réaliser la simulation réaliste du rendu visuel d'objets constitués de ces matériaux (Fig. 2).

- **Objectifs.** L'objectif de ce stage est de déterminer la morphologie et la composition de matériaux utilisés pour des objets issus du patrimoine historique en arts décoratifs, par comparaison simulation/observation, afin de :
 - reconstituer en vision virtuelle 3D des objets du patrimoine à des fins de muséographie,
 - concevoir et optimiser des matériaux pour la couleur dans l'industrie ou l'art contemporain.

- **Méthodologie.** En fonction de la nature des effets observés, le projet permettra une classification des différents phénomènes optiques en cause et identifiera les lois de la physique associées, ainsi que les méthodes de résolution disponibles. Une séparation entre les phénomènes purement « surfaciques » et « volumiques » et/ou mixtes des interactions lumière/matière sera clairement proposée. Des simulations de rendu visuel seront réalisées avec le logiciel développé par U.V.R. (couches minces, interférence, indices complexes...) La/le stagiaire prendra en main le logiciel d'UVR. Elle/il simulera le rendu visuel d'un objet-type créé sur Unity, de complexité croissante. Il/elle proposera un lien avec la méthode de *Finite Difference Time Domain (FDTD)* pour générer les *BSSDF (Bidirectional Sub Scattering Distribution Function)*, afin d'assurer la connexion entre le monde de la physique et le rendu visuel.^{1,2}

- **Profil recherché.** L'étudiant(e) a une formation en physique avec de bonnes connaissances en optique classique et physique, optique du solide, et à l'aise en simulation numérique. Elle/il est motivée pour des applications en arts et réalité virtuelle.

- **Partenariat.** Lab. [LuMièrè, Matière et Interfaces \(LuMin\)](https://www.lumin.fr/), CentraleSupélec, Univ. Paris-Saclay (bruno.palpant@centralesupelec.fr), & [United Visual Researchers \(UVR\)](https://www.united-visual.com/), Paris (philippe.porrall@united-vr.com).

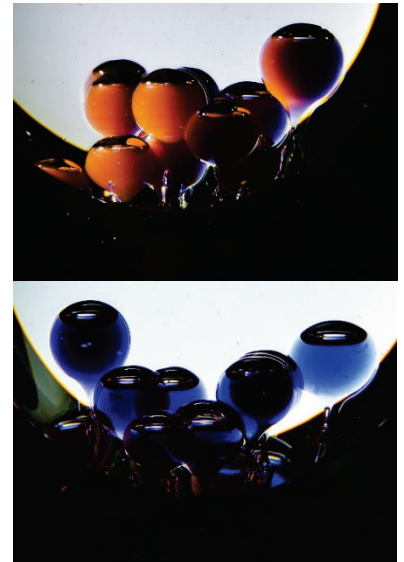


Fig. 1. Projet Art&Sciences Volvo (T. Giesecke, J.M. Chomaz, H. Remita, M. Benoît, B. Palpant, 2021). Les capsules plasmoniques sont observées sous deux angles différents. Le dichroïsme spectaculaire est dû à la présence de nanoparticules d'or de 50 nm et la compétition absorption/diffusion.



Fig. 2. Pièce de musée virtuelle. Vase en verre incrusté de petites nanoparticules d'or sphériques. Simulation réalisée par des étudiants de CentraleSupélec.

¹ Loi, W. S. and Chau, K. J. (2020). Visualization of angle-dependent plasmonic structural coloration by ftdt-simulated bsdf and ray-tracing rendering. In ACM SIGGRAPH 2020 Posters, SIGGRAPH '20, New York, NY, USA. Association for Computing Machine.

² Elbahri, M., Homaeigohar, S., and Assad, M. A. (2021). Reflective coloration from structural plasmonic to disordered polarizonic. *Advanced Photonics Research*, 2(7) : 210000 <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/adpr.202100009>