

Sujet de thèse :

Génération de surfaces microstructurées à propriétés optiques contrôlées par réseaux antagonistes génératifs

Présentation du contexte de la thèse :

Cette thèse s'inscrit dans le projet ANR APPEARANCE_ON_DEMAND (démarrage en 2026), en collaboration entre l'institut iLM (UMR CNRS 5306) et l'institut XLIM (UMR CNRS 7252). L'objectif du projet est de maîtriser la reproduction de l'apparence des matériaux en contrôlant finement leur BRDF (Bidirectional Reflectance Distribution Function), une fonction qui décrit comment une surface réfléchit la lumière selon les directions d'éclairage et d'observation. La BRDF est étroitement liée à la microtopographie de la surface. Une surface lisse renvoie la lumière différemment d'une surface texturée, mais le lien entre forme microscopique et apparence reste complexe, notamment à cause des réflexions multiples entre les microstructures.

L'originalité de cette thèse repose sur une approche inverse : au lieu de partir d'une surface donnée pour prédire son apparence, il s'agira de partir d'une BRDF cible, et donc d'un effet visuel voulu, et de déterminer la microtopographie capable de la produire, tout en respectant les contraintes de fabrication (impression en relief via la technologie Mihaly, partenaire industriel du projet ANR). En combinant modélisation physique, optimisation numérique et intelligence artificielle, ce travail vise à établir un cadre prédictif pour concevoir des surfaces à apparence contrôlée, sans passer par des cycles expérimentaux lourds. Cette approche ouvre des perspectives fortes pour la personnalisation visuelle dans des domaines comme le luxe, l'automobile ou l'architecture.

Mots clés :

Apparence de surface, Intelligence artificielle / GAN, synthèse de topographie micro-texturée, simulation optique.

Description du sujet de thèse :

L'objectif principal de la thèse est de développer une méthodologie de génération prédictive de surfaces capable de relier un modèle de microtopographie à son apparence optique (BRDF/NDF) sans recourir systématiquement à des cycles expérimentaux de prototypage et de mesure. Dans le cadre du projet, cette thèse visera donc à explorer l'utilisation des réseaux antagonistes génératifs (GANs) ou toute autre approche par réseau de neurones pour la synthèse de surfaces microtexturées dont les propriétés optiques et esthétiques peuvent être précisément ajustées avant leur fabrication. L'utilisation d'approche basée IA doit permettre de générer des cartes de hauteurs réalistes à partir d'un ensemble de paramètres contrôlé par l'utilisateur final ou de données synthétiques, tout en assurant une cohérence entre l'apparence virtuellement mesurée et les contraintes réelles de fabrication de la surface. Les axes de recherche sont :

- 1. Conception et entraînement de GANs pour la génération de surfaces :**
 - Production de cartes de hauteurs réalistes à partir de données synthétiques ou expérimentales.
 - Intégration de mesures virtuelles pour orienter la génération vers des surfaces manufacturables et conformes à une BRDF cible.
- 2. Densification et raffinement de maillages adaptatifs :**
 - Développement d'approches progressives permettant d'enrichir un maillage initial à faible densité tout en conservant les détails de haute fréquence.
 - Préservation des propriétés mécaniques et optiques dans le processus de raffinement.
- 3. Optimisation du coût computationnel :**
 - Réduction des besoins en calcul via le network pruning, la compression de modèles et le transfer learning.
 - Exploitation de modèles pré-entraînés pour limiter la taille du jeu de données requis.



4. Métrologie de surface réelle pour le contrôle de l'apparence :

- Mesure de topographie par stéréo-photométrie ou par microscope confocal.
- Traitement d'images pour l'estimation de l'apparence.
- Critère de différences entre modèle numérique et mesure.

La thèse s'appuiera sur les travaux antérieurs du laboratoire XLIM, notamment sur la génération de surfaces à partir de fonctions de distribution de normales (NDF) sur grille régulière. Des mesures virtuelles issues de simulations optiques seront utilisées pour guider l'entraînement du GAN et valider les surfaces générées avant leur fabrication physique.

Cette thèse pourra commencer par un stage niveau Bac+5 sur les mêmes thématiques.

Présentation du laboratoire d'accueil :

La personne recrutée pour cette thèse sera essentiellement basée à l'institut XLIM, site de Poitiers. Il sera prévu une collaboration étroite avec l'institut iLM. Des déplacements seront prévus entre les différents partenaires du projet.

L'insitut XLIM UMR CNRS 7252 est centré sur les domaines de l'électronique et les hyperfréquences, l'optique et la photonique, la CAO, les mathématiques, l'informatique et l'image, dans les domaines des réseaux télécom et espace, des environnements sécurisés, de la bio-ingénierie, des nouveaux matériaux, de l'énergie et de l'imagerie. XLIM est un Institut de Recherche pluridisciplinaire, localisé sur plusieurs sites géographiques, à Limoges sur les sites de la Faculté des Sciences et Techniques, de l'ENSIL, d'Ester-Technopole, à Brive sur le site de l'IUT GEII et à Poitiers sur le site de la Technopole du Futuroscope. XLIM fédère un ensemble de plus de 480 enseignants-chercheurs, chercheurs CNRS, ingénieurs, techniciens, post-doctorants et doctorants, personnels administratifs.

Profil du candidat :

Le profil du candidat(e) recherché(e) est de type ingénieur ou universitaire niveau BAC+5 avec un très bon dossier. Il devra posséder de bonnes connaissances en traitement du signal et des images, en optique et en apparence des matériaux.

Le candidat devra maîtriser le développement informatique (C/C++ - Python).

Une bonne capacité d'expression orale et écrite en français et en anglais

Informations pratiques :

La thèse se déroulera sur la Technopole du Futuroscope à Chasseneuil du Poitou à l'institut XLIM. Pour accéder aux locaux de l'institut XLIM, il sera nécessaire de faire une demande ZRR (zones à régime restrictif).

Contacts :

Benjamin BRINGIER (XLIM) : benjamin.bringier@univ-poitiers.fr – 05 49 49 65 98 / 06 40 42 94 24

Lionel SIMONOT (iLM) : lionel.simonot@univ-lyon1.fr – 06 60 76 86 91

