



Sujet de Stage M2 2024-2025

Résolution de problèmes inverses pour la génération procédurale de textures par l'exemple

Accueil : Équipe IGG (Informatique Géométrique et Graphique) du laboratoire ICube (Laboratoire des sciences de l'ingénieur, de l'informatique et de l'imagerie), Université de Strasbourg

Encadrement : Rémi Allègre (remi.allegre@unistra.fr), Jean-Michel Dischler (dischler@unistra.fr)

Durée du stage : 6 mois

Montant de la gratification : 4,35 euros par heure de stage

Pré-requis : Synthèse d'images, machine learning

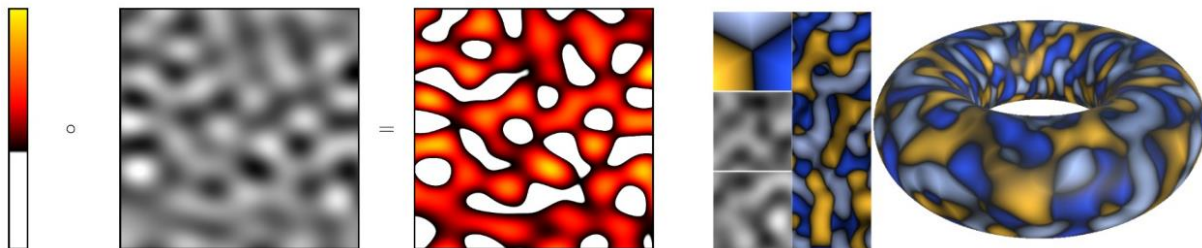


Fig. 1 : Deux exemples de textures générées par des compositions $S = H \circ G$ d'une fonction de transfert H (carte de couleurs) et par un champ gaussien G (en niveaux de gris). À gauche, H est en 1D et G est scalaire. À droite, H est 2D et G est vectoriel.

Contexte et objectifs scientifiques

Les textures sont des caractéristiques essentielles de l'apparence des objets et interviennent de façon cruciale dans le processus de création d'environnements 3D virtuels. Une approche courante pour créer des textures, ou un ensemble de couches de textures formant un matériau, consiste à utiliser des modèles *procéduraux*, constitués d'algorithmes de génération de motifs [EMP+02]. Les modèles procéduraux sont caractérisés par une accessibilité aléatoire dans un domaine non borné, permettant de générer des textures à différents niveaux d'échelles sur de grandes étendues spatiales en 2D ou en 3D avec un coût de stockage très faible. La structure et les paramètres de ces modèles sont souvent difficiles à contrôler pour atteindre un résultat souhaité, et demandent un degré élevé d'expertise, c'est pourquoi on cherche à mettre au point des méthodes de génération automatique à partir d'exemples en entrée fournis sous la forme d'images : on parle de *modélisation procédurale inverse*.

Ce sujet de stage s'intéresse à un modèle procédural de textures défini par la composition $S(x) = H \circ G(x)$, où G est un champ aléatoire gaussien, et H une fonction de transfert, aussi appelée « carte de couleur ». Le champ G est contrôlé dans le domaine spectral et défini dans

tout le plan, tandis que H est définie dans $[0, 1]^d$. La figure 1 illustre les travaux de Heitz et al. [HNP+14] en une dimension ($d = 1$), et de Grenier et al. [GSD+23] en deux dimensions ($d = 2$), où H a été construite manuellement.

On souhaite résoudre le problème inverse suivant : étant donné un exemple de résultat (une instance supposée de S), comment retrouver une caractérisation spectrale de G et une carte H ? On explorera une solution selon une approche par *rendu différentiable* similaire à celle proposée par Baldi et al. [BAD23] pour le modèle procédural de Point Process Texture Basis Function. Lors de l'évaluation de S en un point du plan, dans la mesure où la fonction G fournit des coordonnées dans le domaine de H , l'évaluation de $H \circ G$ implique une indirection, opération non différentiable. Afin de rendre cette opération différentiable, on considèrera le travail récent de Datta et al. [DMD+23].

Travail à réaliser

Le stage comportera les étapes suivantes :

1. Le travail commencera par une familiarisation avec le domaine de la génération procédurales de textures, la réalisation d'un état de l'art sur les méthodes récentes de modélisation procédurale inverse, et la formalisation du problème en 1D, puis en 2D.
2. Il s'agira ensuite de mettre au point une méthode de résolution du problème inverse considéré, et d'implémenter un algorithme en 1D, puis en 2D.
3. À partir de la méthode développée, il s'agira enfin d'évaluer les capacités de représentation du modèle, et éventuellement de les étendre en remplaçant le champ gaussien par un autre type de fonction, comme un bruit cellulaire.

Les codes associés aux travaux de l'équipe seront fournis, ainsi que des bases d'exemples de textures et de matériaux. Les développements se feront à l'aide de bibliothèques graphiques et de machine learning. Un PC équipé d'une carte graphique adaptée au travail sera mis à disposition.

Références bibliographiques

[BAD23] G. Baldi, R. Allègre, J.-M.I. Dischler. Differentiable point process texture basis functions for inverse procedural modeling of cellular stochastic structures, *Computers & Graphics*, Volume 112, Pages 116-131, 2023, <https://doi.org/10.1016/j.cag.2023.04.004>

[DMD+23] S. Datta, C. Marshall, Z. Dong, Z. Li, D. Nowrouzezahrai. Efficient Graphics Representation with Differentiable Indirection. In *SIGGRAPH Asia 2023 Conference Papers (SA '23)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 104, 1–10, 2023. <https://doi.org/10.1145/3610548.3618203>

[EMP+02] D. S. Ebert, F. K. Musgrave, D. Peachey, K. Perlin, S. Worley. *Texturing and Modeling: A Procedural Approach*. 3rd edition, Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Francisco, CA, USA, 2002, ISBN 1558608486

[GSD+23] C. Grenier, B. Sauvage, J.-M. Dischler, S. Thery. Color-mapped noise vector fields for generating procedural micro-patterns. *Computer Graphics Forum*, 41: 477-487, 2022. <https://doi.org/10.1111/cgf.14693>

[HNP+14] E. Heitz, D. Nowrouzezahrai, P. Poulin, F. Neyret. Filtering Non-Linear Transfer Functions on Surfaces. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 2014, 20, 996-1008. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2013.102>

