



Offre de stage: Prise en compte de contraintes topologiques et géométriques dans la définition des espaces latents de modèles génératifs d'images

Contexte :

De récents progrès en apprentissage profond ont ouvert la possibilité de définir des espaces de représentation d'images riches en potentialités. Ils permettent en particulier de générer des images de plus en plus réalistes. Ceci dit, dans de nombreux domaines applicatifs, comme la biologie ou les matériaux, il est nécessaire de pouvoir contraindre ces représentations, notamment avec des critères géométriques ou topologiques. La structuration de ces espaces de représentation est devenue ainsi un thème de recherche de plus en plus actif.

Par exemple, dans le domaine des matériaux, la microstructure interne, qui détermine leurs bonnes propriétés, obéit à des contraintes issues de procédés de fabrication. Ainsi, dans les milieux granulaires, la morphologie des grains dépend de la poudre utilisée lors de la fabrication [1]. Dans les bétons ou matériaux cimentaires, les inclusions suivent une granulométrie prescrite [2]. Enfin, dans certaines applications, la percolation de certaines phases garantit les bonnes propriétés [3].

Objectif :

L'objectif du stage est de proposer des méthodes permettant de définir des espaces latents de représentation d'images qui respectent des contraintes topologiques et géométriques. La première application portera sur des images tomographiques de microstructures, mais les méthodes développées pourront s'appliquer à d'autres domaines, comme la biologie, et plus largement toute application nécessitant la génération d'images réalistes respectant des contraintes de forme. Parmi les verrous scientifiques à lever, on peut lister :

- L'apprentissage de transformations bijectives [5] pour le désenchevêtrement de représentation latentes;
- La définition de fonctions de perte contribuant au respect de contraintes géométriques et topologiques [6, 7];
- L'application à la génération d'images réalistes de matériaux granulaires, en respectant des contraintes géométriques ou topologiques.

Travail attendu :

- Recherche bibliographique sur les moyens de contraindre les représentations latentes;
- Génération de microstructures représentatives de matériaux à l'aide d'une méthode d'apprentissage profond (GANs, Auto-encodeurs variationnels...)
- Définition de contraintes géométriques ou topologiques propres à chaque matériau, portant en particulier sur les propriétés de connectivité, de tailles caractéristiques des hétérogénéités.
- Mise en place de méthodes génératives de microstructures par apprentissage intégrant les contraintes géométriques et topologiques.

Informations pratiques :

- **Encadrement** : Samy Blusseau, François Willot, Etienne Decencière
- **Durée** : 4-6 mois (à partir de février, mars ou avril 2022)
- **Lieu** : Centre de Morphologie Mathématique à Fontainebleau et/ou Paris (à distance)
- **Salaire** : ~ 1200€ net/mois

Références:

- [1] É. Kaeshammer, L. Borne, F. Willot, P. Dokládál & S. Belon (2021). Morphological characterization and elastic response of a granular material. *Computational Material Science* 190, p. 110247.
- [2] J. Escoda, F. Willot, D. Jeulin, J. Sanahuja & C. Toulemonde (2016). Influence of the multiscale distribution of particles on elastic properties of concrete. *International Journal of Engineering Science* 98 pp. 60–71.
- [3] V. Bortolussi, B. Figliuzzi, F. Willot, M. Faessel, M. Jeandin (2020). Electrical conductivity of metal-polymer cold spray composite coatings onto carbon fiber-reinforced polymer. *Journal of Thermal Spray Technology* 29.4 pp. 642–656.
- [4] V. Bortolussi, B. Figliuzzi, F. Willot, M. Faessel, M. Jeandin (2020). Electrical conductivity of metal-polymer cold spray composite coatings onto carbon fiber-reinforced polymer. *Journal of Thermal Spray Technology* 29.4 pp. 642–656.
- [5] Dinh, L., Sohl-Dickstein, J. and Bengio, S. (2016). Density estimation using real NVP. *ICLR*.
- [6] Brüel-Gabrielsson, R., Nelson, B. J., Dwaraknath, A., & Skraba, P. A topology layer for machine learning. In : *International Conference on Artificial Intelligence and Statistics*. PMLR, 2020. p. 1553-1563.
- [7] Clough, J.R., Öksüz, I., Byrne, N., Zimmer, V.A., Schnabel, J.A., & King, A.P. (2020). A Topological Loss Function for Deep-Learning based Image Segmentation using Persistent Homology. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*.