

Avis de Soutenance

Monsieur Emile PIERRET

Mathématiques

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés

Super-résolution stochastique et problèmes inverses : de l'échantillonnage conditionnel gaussien aux modèles de diffusion

dirigés par Monsieur Bruno GALERNE

Ecole doctorale : Mathématiques, Informatique, Physique Théorique et Ingénierie des Systèmes - MIPTIS

Unité de recherche : IDP - Institut Denis Poisson

Soutenance prévue le **jeudi 10 juillet 2025** à 14h30

Lieu : Bâtiment EGS, UFR Sciences et Techniques, 3 rue de Chartres, 45100 Orléans, France

Salle : Amphi S

Composition du jury proposé

M. Bruno GALERNE	Université d'Orléans	Directeur de thèse
M. Pierre WEISS	Institut de Recherche en Informatique de Toulouse	Rapporteur
M. Gabriel PEYRÉ	Ecole Normale Supérieure de Paris	Rapporteur
Mme Agnès DESOLNEUX	Ecole Normale Supérieure de Paris-Saclay	Examinatrice
M. Jean-François GIOVANNELLI	Université de Bordeaux	Examineur
M. Gilles LOUPPE	Université de Liège	Examineur

Mots-clés : Échantillonnage gaussien, Modèles de diffusion, Problèmes inverses, Modèles génératifs,

Résumé :

Cette thèse étudie la résolution stochastique des problèmes inverses en imagerie, à travers l'échantillonnage conditionnel gaussien et les modèles de diffusion. Elle s'intéresse principalement à la super-résolution, qui consiste à améliorer la résolution d'une image à partir d'une version basse résolution, ainsi qu'au déflouage, qui vise à restaurer la netteté d'une image floue. Contrairement aux approches déterministes classiques, nous adoptons une perspective probabiliste dont le but est de modéliser et d'échantillonner l'ensemble des images plausibles compatibles avec une observation dégradée de l'image. L'objectif est d'étudier ce paradigme dans un cadre mathématique rigoureux et bien fondé. Pour cela, nous étudions les distributions gaussiennes d'images, qui incluent les microtextures gaussiennes associées au modèle Asymptotic Discrete Spot Noise (ADSN). Nous formulons le problème dans un cadre bayésien, en mettant en avant les enjeux liés à l'échantillonnage conditionnel dans le contexte gaussien. Nous discutons ensuite des modèles génératifs récents, et en particulier des modèles de diffusion probabilistes (DDPM), qui consistent à inverser un processus de bruitage progressif à l'aide d'un modèle appris. Plus précisément, dans un premier temps, nous étudions, par un raisonnement de krigeage, l'échantillonnage exact de problèmes inverses pour les microtextures gaussiennes, avec un accent particulier sur la super-résolution. Cela nous a permis de construire un échantillonneur efficace et exact dans ce cadre restreint. Ensuite, nous étudions les modèles de diffusion appliqués aux distributions gaussiennes dans un cadre génératif, afin d'évaluer leur capacité à fournir une distribution a priori sur les images. En exploitant la reformulation des modèles de diffusion comme équations différentielles stochastiques (SDE), nous dérivons les équations en jeu dans le cas linéaire et gaussien, et en étudions les propriétés. Cela nous permet d'établir des résultats explicites sur les erreurs d'échantillonnage, notamment en termes de distances de Wasserstein, et de mieux comprendre la nature des approximations induites par les modèles utilisés. Enfin, nous étudions les algorithmes de résolution des problèmes inverses liés aux modèles de diffusion, dans le cadre du déflouage de microtextures gaussiennes. Cela nous permet de mettre en évidence des comportements non souhaités d'un échantillonneur censé approximer la probabilité a posteriori théorique.