

# Anomaly Detection Schemes for SAR images

## Schémas de Détection d'Anomalies pour imagerie SAR

Ph.D. Defense – Max MUZEAU  
18 décembre 2024, 10h00

CentraleSupélec, 3 Rue Joliot Curie, 91192 Gif sur Yvette  
Room : Amphithéâtre 4, Eiffel, CentraleSupélec

### Devant le Jury:

Jocelyn CHANUSSOT	PU, INP Grenoble	Reviewer
Laurent FERRO-FAMIL	PU, ISAE-Supaéro	Reviewer
Florence TUPIN	PU, Télécom Paris	Examiner
Thibaud EHRET	MC, ENS Paris-Saclay	Examiner
Jean-Philippe OVARLEZ	DR, ONERA & CentraleSupélec	Thesis Director
Chengfang REN	MC, CentraleSupélec	Supervisor
Joana FRONTERA-PONS	CR, ONERA	Supervisor

### Abstract:

This thesis explores novel deep learning approaches for SAR image analysis, focusing on anomaly detection and feature extraction. The unique properties of SAR imagery necessitate specialized techniques that differ from optical ones. We address these challenges through new self-supervised learning approaches. For anomaly detection, we develop a method based on Adversarial Autoencoders, incorporating a despeckling preprocessing step and a statistically guided loss function. Both quantitative and qualitative evaluations are performed to highlight the performance of the proposed method. Comparing our method with statistical detectors demonstrates higher detection rates and lower false alarm rates for high-resolution X-band SAR images. The second contribution of the thesis consists of developing a SAR feature extractor called SAFE. It is based on contrastive learning principles adapted for SAR-specific characteristics. SAFE handles diverse SAR acquisition modes and resolutions. We evaluate its effectiveness on multiple downstream tasks, including semantic segmentation, few-shot detection, data visualization, and pattern recognition, often matching or surpassing state-of-the-art models without task-specific training. This thesis advances the field of SAR image processing, providing methods for anomaly detection and feature extraction that adapt to the unique challenges of SAR imagery.

**Keywords:** anomaly, feature extraction, SAR, Self-Supervised Learning.

### Abstract:

Cette thèse explore de nouvelles approches d'apprentissage profond pour l'analyse d'images SAR, en se concentrant sur la détection d'anomalies et l'extraction de *features*. Les propriétés uniques de l'imagerie SAR nécessitent des techniques spécialisées différentes des méthodes optiques. Nous abordons ces défis par le biais de nouvelles architectures et approches d'apprentissage auto-supervisé. Pour la détection d'anomalies, une méthode basée sur des autoencodeurs adverses est développée, intégrant une étape de *despeckling* et une fonction de perte guidée statistiquement. Des évaluations quantitatives et qualitatives sont effectuées pour mettre en évidence les performances de notre méthode. En comparaison avec les détecteurs statistiques standard, elle montre des taux de détection plus élevés et des taux de fausses alarmes plus faibles dans le cas des images SAR en bande X à haute résolution. La deuxième contribution de la thèse consiste à développer un extracteur de caractéristiques SAR appelé SAFE. Il est basé sur un apprentissage contrastif adaptés aux caractéristiques de ces images. Il peut traiter divers modes d'acquisition et résolutions. Nous évaluons l'efficacité de SAFE sur plusieurs tâches, notamment la segmentation sémantique, la détection *few-shots*, la visualisation de données et la reconnaissance de motifs, égalant ou surpassant souvent les modèles de pointe sans entraînement spécifique pour chaque tâche. Cette thèse fait progresser le domaine du traitement d'images SAR, proposant des méthodes de détection d'anomalies et d'extraction de caractéristiques qui s'adaptent aux défis uniques de l'imagerie SAR.

**Mots-clés:** anomalies, apprentissage auto-supervisé, extraction de *features*, SAR