

Offre de stage – modèles génératifs profonds pour la détection de changements

Date limite de candidature : 15 décembre 2025

Localisation	Noisy-Champs (77)
Rémunération	≈600€/mois
Contrat	Stage (4 à 6 mois)
Télétravail	Partiel
Prise de fonction	Au plus tard 1 ^{er} avril 2026

Mots-clés : modèles génératifs, apprentissage profond, détection de changement, détection d'anomalies, imagerie satellitaire.

1 Le projet de recherche

Alors que les images d'observation de la Terre sont acquises à un rythme accru, les événements d'intérêt sont noyés dans la masse d'information. Le projet **OGRE** (*Observation de la Terre et IA Générative pour la Reconnaissance d'Événements rares*) vise à développer de nouvelles méthodes fondées sur les modèles génératifs profonds afin d'identifier des événements extrêmes dans des piles multimodales SAR/optique. L'objectif est de séparer automatiquement les images inhabituelles, déviant de la distribution habituellement observées, comme les images de catastrophes naturelles (inondations, incendies, tempêtes, séismes...), d'événements environnementaux et météorologique extrêmes (fonte des glaces, sécheresses prolongées) ou d'activités humaines anormales, voire illégales (déforestation, contrebande, construction interdite).

Pour ce faire, le projet croise l'état de l'art en détection non-supervisée de données « hors distribution » et celui des modèles génératifs profonds tels que les modèles de diffusion et les auto-encodeurs masqués. En effet, ces modèles permettent d'apprendre la distribution des observations « normales », sans aucune supervision. Ces modèles sont ensuite utilisés comme estimateurs de la vraisemblance de nouvelles images, afin de déterminer si une observation est « habituelle » (représentative de la distribution historique) ou « inhabituelle » (événement rarement observé dans la distribution initiale).

2 Les missions scientifiques

La détection de changement est au cœur de l'interprétation des séries temporelles d'images aériennes ou satellitaires. En effet, le changement climatique, mais aussi les évolutions du territoire, sont générateurs de changements majeurs qu'il est impossible de cartographier manuellement. En outre, les phénomènes extrêmes (incendies, inondations, fonte des glaces, déforestation, etc.) sont autant de changements rapides qu'il est nécessaire de détecter dans des délais courts. Dans la littérature, les approches de détection de changement classiques sont des modèles entraînés de façon supervisée. Or, les jeux de données de changements annotés sont rares et souffrent souvent de biais dans la définition de ce qui constitue un

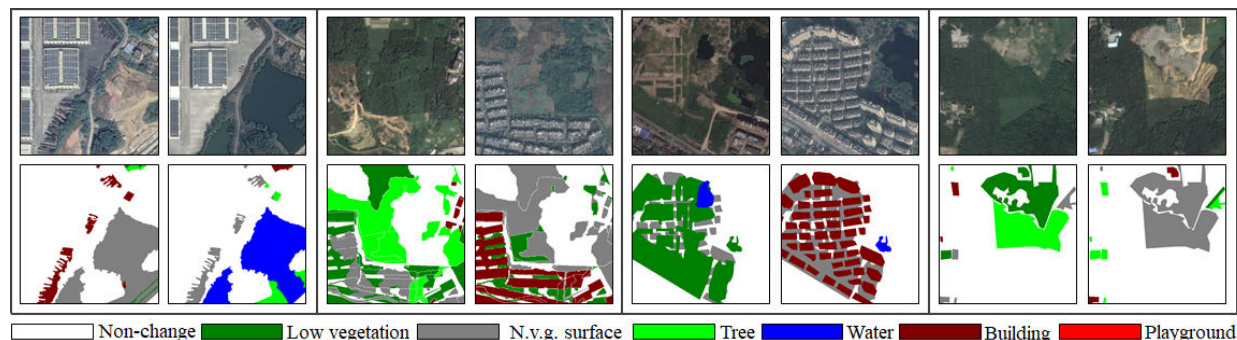


FIGURE 1 – Exemples de paires d'images annotées pour la détection de changements [1].

changement. Ce sujet de stage propose de s'inspirer plutôt de les techniques de détection d'anomalies, afin d'entraîner des modèles génératifs profonds non-supervisés et de les utiliser pour détecter des changements. En effet, les modèles de diffusion et les modèles de *flow matching* [6] ont gagné en popularité ces dernières années, y compris pour l'imagerie aérienne et satellitaire [4, 5]. Une propriété intéressante des modèles génératifs est la possibilité de les transformer en estimateur de la vraisemblance des données [2, 8]. Des premiers résultats ont montré qu'il était ainsi possible de détecter des images n'appartenant pas à la distribution d'entraînement de ces modèles, par exemple des images de zones inondées [3]. L'objectif de ce stage est ainsi d'étendre cette capacité à la détection de changement, c'est-à-dire proposer des estimateurs de vraisemblance sur *plusieurs* images de la même zone afin d'identifier des ruptures dans la séquence. Pour ce faire, on s'appuiera notamment sur des modèles génératifs profonds existants, tels que TerraMind [10], et l'on évaluera les estimateurs ainsi introduits sur des jeux de données de détection de changement tels que Hi-UCD [7] et SECOND [1]. Le ou la stagiaire recrutée aura ainsi les objectifs suivants :

1. Réaliser un état de l'art sur l'estimation de vraisemblance par modèle génératif profond,
2. Implémentation et adaptation d'estimateurs de vraisemblance pour l'imagerie aérienne et satellitaire,
3. Proposition d'une extension à la détection de changement sur des paires d'images,
4. Évaluation et comparaison à des modèles supervisés [11] et des modèles discriminatifs auto-supervisés, comme Sat-DINO [9],

3 Le profil recherché

Le ou la candidate idéale est en dernière année de master ou d'école d'ingénieur, avec une spécialité en informatique, science des données, traitement du signal ou géomatique. Il ou elle démontre une bonne connaissance de la programmation Python et une première expérience avec des bibliothèques d'apprentissage profond, comme PyTorch, Tensorflow ou Keras. Une première expérience avec les modèles génératifs (GAN, modèles de diffusion, flow matching, modèles auto-régressifs) n'est pas indispensable mais est fortement appréciée. Une familiarité avec les outils de gestion de projets en programmation et science des données (Git, Weight & Biases/TensorBoard, etc.) est la bienvenue. Une appétence pour le travail en équipe ainsi qu'une bonne maîtrise de l'anglais (écrit et oral) sont requises pour ce stage. Sans être indispensable, une première expérience avec l'imagerie de télédétection est un atout pour ce stage.

4 L'environnement d'accueil

L'Institut national de l'information géographique et forestière (IGN) est un établissement public à caractère administratif placé sous la tutelle des ministères chargés de l'écologie et de la forêt. Sa vocation est de produire et diffuser des données et des représentations (cartes en ligne et papier, géovisualisation) de référence relatives à la connaissance du territoire national et des forêts françaises ainsi qu'à leur évolution. Grâce à son école d'ingénieurs, l'ENSG-Géomatique, et à ses équipes de recherche pluridisciplinaires, l'institut cultive un potentiel d'innovation de haut niveau dans plusieurs domaines (géo-désie, forêt, photogrammétrie, intelligence artificielle, analyse spatiale, visualisation 3D...).

Le LASTIG¹ est une unité mixte de recherche sous la tutelle de l'IGN-ENSG et de l'Université Gustave Eiffel. Le laboratoire mène des recherches finalisées en sciences et techniques de l'information géographique. L'équipe STRUDEL s'intéresse aux structures spatio-temporelles pour l'analyse des territoires, notamment l'extraction et la structuration de connaissances concernant la description du territoire, ses caractérisations possibles, ses évolutions et la réutilisation de ces connaissances pour la simulation. Dans ce cadre, l'équipe mène des recherches sur l'exploitation de données synthétiques pour la simulation, la création de jumeaux numériques et l'apprentissage semi-supervisé.

Localisation : Le laboratoire se situe au sein de l'ENSG à Champs-sur-Marne (77), proche de Paris par le RER A.

Avantages :

- Pratique possible du télétravail après une période de prise de poste
- Équipements sportifs disponibles sur site
- Associations culturelles et sportives au sein de l'IGN
- Restauration d'entreprise
- Remboursement transport 75% et indemnités kilométriques vélo

Procédure : examen du CV, suivi d'un entretien sur place ou en visioconférence incluant un test technique.

1. Laboratoire en Sciences et Technologies de l'Information Géographique <https://www.umr-lastig.fr>

Références

- [1] Kunping YANG et al. "Asymmetric Siamese Networks for Semantic Change Detection in Aerial Images". In : *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 60 (2022), p. 1-18. URL : <https://ieeexplore.ieee.org/document/9555824>.
- [2] Mark S. GRAHAM et al. *Denoising Diffusion Models for Out-of-Distribution Detection*. 20 avr. 2023. arXiv : 2211.07740 [cs]. URL : <http://arxiv.org/abs/2211.07740>. Prépubl.
- [3] Georges LE BELLIER et Nicolas AUDEBERT. "Detecting Out-Of-Distribution Earth Observation Images with Diffusion Models". In : *EARTHVISION 2024 IEEE/CVF CVPR Workshop. Large Scale Computer Vision for Remote Sensing Imagery*. Seattle, United States, juin 2024. URL : <https://hal.science/hal-04551408>.
- [4] Samar KHANNA et al. "DiffusionSat : A Generative Foundation Model for Satellite Imagery". In : *The Twelfth International Conference on Learning Representations*. 2024. URL : <https://openreview.net/forum?id=I5webNFDgQ>.
- [5] Muhammed GOKTEPE et al. "EcoMapper : Generative Modeling for Climate-Aware Satellite Imagery". In : *Forty-Second International Conference on Machine Learning*. 18 juin 2025. URL : <https://openreview.net/forum?id=YUtJsxQjv3>.
- [6] Yaron LIPMAN et al. "Flow Matching for Generative Modeling". In : *The Eleventh International Conference on Learning Representations*. 1^{er} mai 2023. URL : <https://openreview.net/forum?id=PqvMRDCJT9t>.
- [7] Shiqi TIAN et al. *Hi-UCD : A Large-scale Dataset for Urban Semantic Change Detection in Remote Sensing Imagery*. 28 déc. 2020. arXiv : 2011.03247 [cs]. URL : <http://arxiv.org/abs/2011.03247>. Prépubl.
- [8] Joseph S GOODIER et Neill CAMPBELL. "Likelihood-Based out-of-Distribution Detection with Denoising Diffusion Probabilistic Models". In : *34th British Machine Vision Conference 2023, BMVC 2023, Aberdeen, UK, November 20-24, 2023*. BMVA, 2023. URL : <https://papers.bmvc2023.org/0094.pdf>.
- [9] Jakub STRAKA et Ivan GRUBER. *SatDINO : A Deep Dive into Self-Supervised Pretraining for Remote Sensing*. 29 août 2025. arXiv : 2508.21402 [cs]. URL : <http://arxiv.org/abs/2508.21402>. Prépubl.
- [10] Johannes JAKUBIK et al. *TerraMind : Large-Scale Generative Multimodality for Earth Observation*. 4 juill. 2025. arXiv : 2504.11171 [cs]. URL : <http://arxiv.org/abs/2504.11171>. Prépubl.
- [11] Yanis BENIDIR, Nicolas GONTHIER et Clement MALLET. "The Change You Want To Detect : Semantic Change Detection In Earth Observation With Hybrid Data Generation". In : *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. 2025, p. 2204-2214. URL : https://openaccess.thecvf.com/content/CVPR2025/html/Benidir_The_Change_You_Want_To_Detect_Semantic_Change_Detection_In_CVPR_2025_paper.html.