



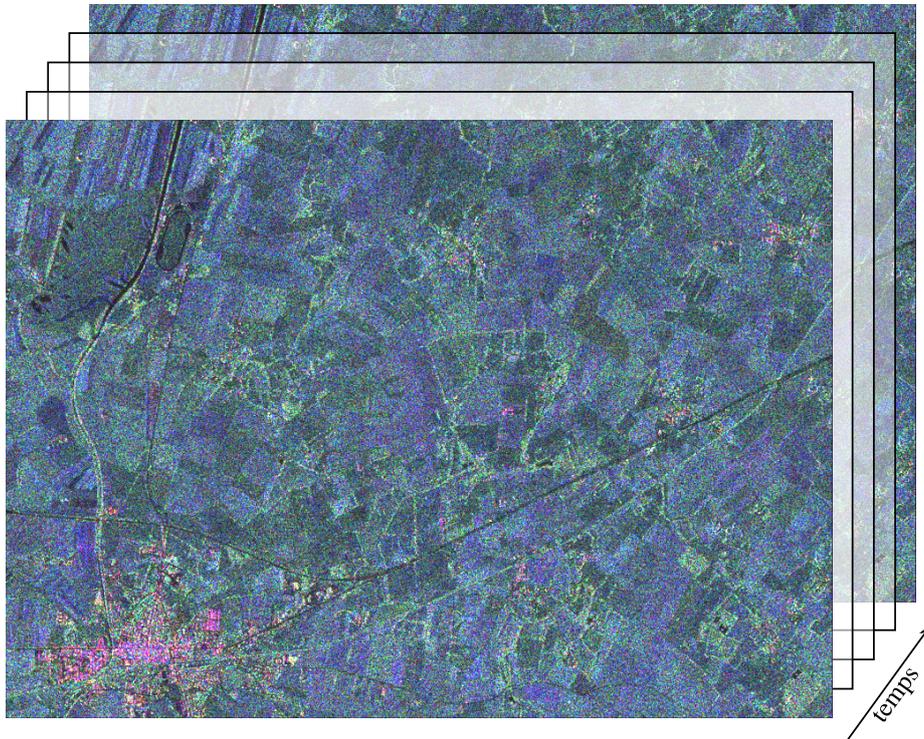
**Proposition de stage recherche Master 2 :  
Approches variationnelles pour le débruitage multi-temporel d'images  
SAR polarimétriques**

*Lieu et dates* : Télécom Paris, stage de M2 à partir de mars/avril

*Encadrement* : Florence Tupin (Télécom Paris, [florence.tupin@telecom-paris.fr](mailto:florence.tupin@telecom-paris.fr)), Loïc Denis (Télécom Saint Etienne, [loic.denis@univ-st-etienne.fr](mailto:loic.denis@univ-st-etienne.fr))

Les images radar sont très riches en information et complémentaires des images optiques. Elles peuvent être acquises de jour comme de nuit et sont quasiment insensibles à la couverture nuageuse. Pour atteindre une haute résolution, les systèmes radar émettent une onde électro-magnétique cohérente et réalisent une étape de synthèse d'ouverture exploitant ces émissions cohérentes.

L'utilisation d'une émission cohérente apporte une difficulté spécifique : la présence d'un chatoiement (le phénomène de speckle), se traduisant par de fortes fluctuations. Ce bruit, proportionnel au niveau du signal, rend difficile l'interprétation visuelle ou automatique des images radar.

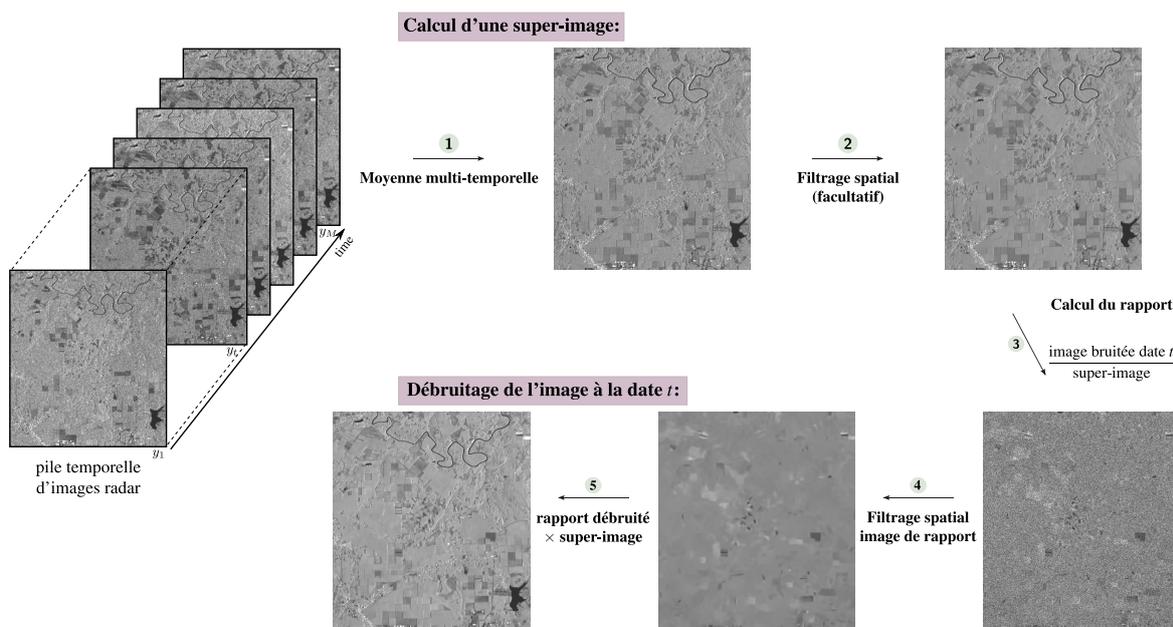


pile multi-temporelles d'images radar polarimétriques

Une pile d'images radar polarimétriques acquises par le satellite Canadien RADARSAT2 en Normandie. Les champs apparaissent en bleu/vert et la zone urbaine en magenta. L'objectif du stage est d'améliorer ces images en exploitant la redondance d'information dans la série temporelle.

De nombreuses méthodes de réduction du bruit de speckle ont été développées ces 40 dernières années. Les approches les plus récentes, basées sur des réseaux profonds, permettent d'atteindre de très bonnes performances [1]. En revanche peu de travaux existent pour traiter les images en mode interférométrique ou polarimétrique pour lesquels on mesure en chaque pixel un vecteur de nombre complexe (de dimension 2 en interférométrie et 3 en polarimétrie) et dont les matrices de covariance contiennent les paramètres physiques.

Une approche possible est de décomposer ces données en plusieurs canaux [2] pour lesquels le bruit peut être considéré comme gaussien et donc réduit avec des débruiteurs adaptés [3]. Nous proposons dans ce stage d'étendre cette approche au cas multi-temporel où on peut tirer profit d'une pile d'images de la même zone acquises sur plusieurs mois/années. En moyennant ces images on obtient une image intégrée de la scène avec très peu de bruit résiduel (une "super-image"). Cette super-image permet ensuite de se ramener à un problème plus simple consistant en débruiter le rapport entre chaque image de la pile et la super-image [4, 5]. L'objectif du stage est d'étendre cette stratégie dans le contexte polarimétrique, notamment en étudiant différentes formulations du "rapport" entre des matrices de covariance ainsi que des méthodes de débruitage adaptées au rapport d'images SAR.



L'approche de filtrage multi-temporel sur laquelle nous allons nous baser commence par construire une "super-image". Cette super-image est utilisée pour former une image rapport à chaque date  $t$ . Le débruitage de cette image rapport est facilité car le contenu informatif est plus faible. Le stage porte sur l'extension de ce cadre de filtrage multi-temporel aux images radar polarimétriques.

*Mots-clefs* : débruitage, approches variationnelles, imagerie radar à synthèse d'ouverture, séries temporelles, machine learning

## Références

- [1] L. Denis, E. Dalsasso, and F. Tupin, “A review of deep-learning techniques for SAR image restoration,” *IGARSS 2021, arXiv preprint arXiv :2101.11852*, 2021.
- [2] C.-A. Deledalle, L. Denis, S. Tabti, and F. Tupin, “MuLoG, or how to apply Gaussian denoisers to multi-channel SAR speckle reduction?” *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 26, no. 9, pp. 4389–4403, 2017.
- [3] C.-A. A. Deledalle, L. Denis, and F. Tupin, “Speckle reduction in matrix-log domain for synthetic aperture radar imaging,” Jul. 2021, working paper or preprint. [Online]. Available : <https://hal-ujm.archives-ouvertes.fr/ujm-03275572>
- [4] W. Zhao, C.-A. Deledalle, L. Denis, H. Maître, J.-M. Nicolas, and F. Tupin, “Ratio-Based Multitemporal SAR Images Denoising : RABASAR,” *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 2019. [Online]. Available : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01791355>
- [5] C.-A. Deledalle, L. Denis, L. Ferro-Famil, J. M. Nicolas, and F. Tupin, “Multi-temporal speckle reduction of polarimetric SAR images : A ratio-based approach,” in *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, Yokohama, Japan, Jul. 2019. [Online]. Available : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02296951>