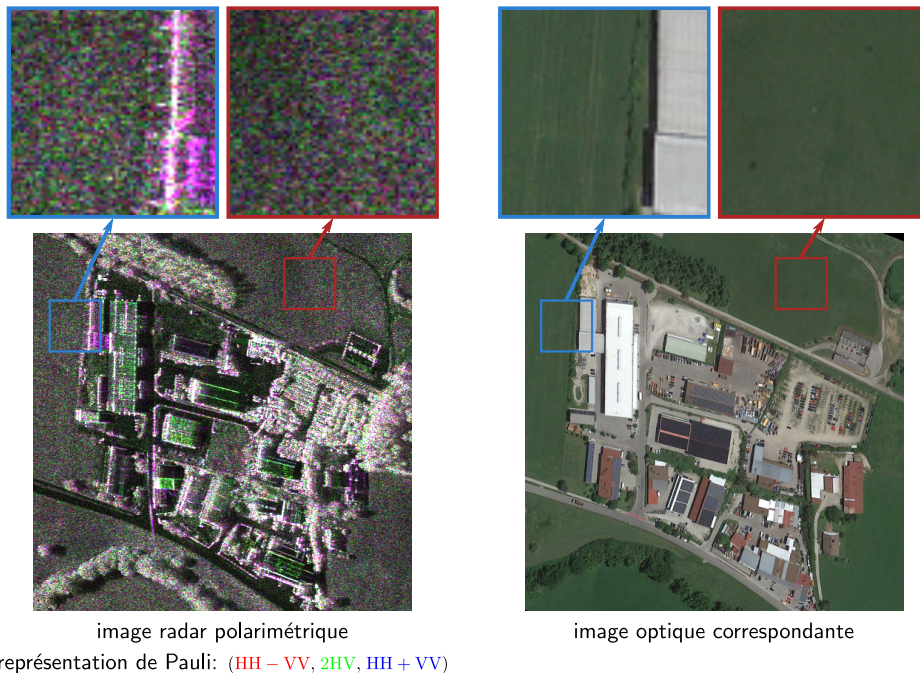


## Proposition de stage recherche Master 2 : Apprentissage profond auto-supervisé pour le débruitage d'images complexes polarimétriques

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

*Encadrement* : Florence Tupin, Emanuele Dalsasso (Télécom Paris, surname.name@telecom-paris.fr), Loïc Denis (Télécom Saint Etienne, loic.denis@univ-st-etienne.fr)

L'imagerie satellitaire SAR (radar à synthèse d'ouverture) permet d'obtenir des images de la terre par tout temps et est utilisée dans différents contextes applicatifs (suivi de la végétation, du milieu urbain, des mouvements de terrain, etc.). En raison de l'interférence des ondes à l'intérieur des pixels, ces données présentent des fortes fluctuations (bruit de "speckle") qui limitent l'exploitation de ces images.



A la différence des images optique (à droite), les images radar (à gauche) présentent de fortes fluctuations dues au phénomène de speckle.

L'objectif de ce stage est de développer des méthodes de débruitage des images radar basées sur des réseaux de neurones profonds. Récemment plusieurs approches s'appuyant sur des méthodes d'apprentissage profond ont été développées pour réduire le speckle [1] :

- des méthodes supervisées s'appuyant sur une vérité terrain et des simulations du bruit [2][3] ;
- des méthodes semi-supervisées s'appuyant sur des séries temporelles et différentes réalisations bruitées pour entraîner un réseau [4] ;

- des méthodes auto-supervisées mono-image qui exploitent soit l’indépendance spatiale du bruit [5], soit la nature complexe des données en séparant la partie réelle et imaginaire pour entraîner un réseau [6].

L’objectif de ce stage est d’étudier comment la dernière famille de méthodes pourrait se généraliser à des données vectorielles complexes. On s’intéressera en particulier au mode d’acquisition polarimétrique dans lequel l’onde est émise puis reçue selon différentes polarisations. Dans ce mode, un vecteur de 3 nombres complexes est acquis en chaque pixel et la matrice de covariance associée contient les paramètres physiques d’intérêt.

Dans [6] avec la méthode MERLIN, il est proposé d’exploiter la nature complexe des signaux pour entraîner un réseau de façon auto-supervisée, par exemple en donnant en entrée la partie réelle du signal et en définissant la fonction de perte du réseau grâce à la partie imaginaire. Ce formalisme est possible car les parties réelles et imaginaires d’une image SAR sont indépendantes.

Dans un contexte polarimétrique, l’application du formalisme MERLIN nécessite de pouvoir décomposer les mesures polarimétriques en deux sous-ensembles statistiquement indépendants. Si on dispose d’une pré-estimation (qui pourrait être par exemple obtenue avec l’algorithme MuLoG [7]), il est possible de construire cette décomposition. Ainsi, on peut envisager l’entraînement de réseaux directement sur des images radar polarimétriques (sans synthétiser un bruit simulé à partir d’images de vérité terrain) et ainsi obtenir des méthodes de restauration d’image plus performantes.

*Mots-clefs* : imagerie radar à synthèse d’ouverture (SAR), apprentissage profond, méthodes auto-supervisées.

*Pré-requis* : expérience en apprentissage profond ; statistiques ; traitement du signal et des images.

## 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] G. Chierchia, D. Cozzolino, G. Poggi, and L. Verdoliva, “SAR image despeckling through convolutional neural networks,” in *IGARSS, 2017*. IEEE, 2017, pp. 5438–5441.
- [3] E. Dalsasso, X. Yang, L. Denis, F. Tupin, and W. Yang, “SAR Image Despeckling by Deep Neural Networks : from a Pre-Trained Model to an End-to-End Training Strategy,” *Remote Sensing*, vol. 12, no. 16, p. 2636, Aug. 2020. [Online]. Available : <https://hal.telecom-paris.fr/hal-02944565>
- [4] E. Dalsasso, L. Denis, and F. Tupin, “Sar2sar : a self-supervised despeckling algorithm for sar images,” *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 2021.
- [5] A. B. Molini, D. Valsesia, G. Fracastoro, and E. Magli, “Speckle2void : Deep self-supervised sar despeckling with blind-spot convolutional neural networks,” *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 2021.
- [6] E. Dalsasso, L. Denis, and F. Tupin, “As if by magic : self-supervised training of deep despeckling networks with merlin,” *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing (submitted), ArXiv :2110.13148*, 2021.
- [7] 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.