

Inversion de modèles géophysiques à l'aide d'un réseau de neurones profond explicable : application aux séries temporelles de déplacements obtenues à l'aide de satellites Radar à Synthèse d'Ouverture

L'acquisition d'images Radar à Synthèse d'Ouverture (RSO) Sentinel-1 A/B, couvrant l'Europe tous les 6 jours (tous les 12 jours ailleurs) et mises à disposition gratuitement par l'agence spatiale européenne, fait entrer l'exploitation des données satellitaires RSO dans une nouvelle ère en permettant la constitution de séries temporelles d'images RSO dont l'exploitation à des fins de surveillance opérationnelle de la déformation de la Terre est source d'opportunités et de défis. Les opportunités ont trait à l'acquisition de nouveaux savoirs, par exemple en géophysique, à l'aménagement du territoire et la protection des biens et des personnes. Les défis relèvent quant à eux du volume et de la complexité de données à traiter (dimension spatiale, dimension temporelle, incertitudes de mesure) et de la complexité des modèles physiques sous-jacents.

Ce sujet de stage (poursuivi par une thèse) propose, pour la première fois, d'aborder la question majeure de l'inversion et de la prédiction de paramètres géophysiques (fortement liés aux risques naturels mais ne pouvant être observés directement) basées sur les Réseaux Neuronaux Profonds (RNP) exploitant des séries temporelles de champs de déplacements obtenus à partir d'images RSO. Pour résoudre ce problème, peu de données d'apprentissage sont disponibles. Nous développerons donc une stratégie basée sur un RNP de type générative [E18] visant à générer des données synthétiques généralisant les données d'apprentissage initialement disponibles, à l'aide des modèles géophysiques. Pour prendre en compte la temporalité des phénomènes, un RNP de type Long Short-Term Memory (LSTM) ou autres (e.g., [T19] [Z19]) sera proposé et exploité afin de modéliser les dépendances des données à court et long terme dans les séries temporelles de déplacement RSO. Bien que les RNPs atteignent des performances de haut niveau, leur logique de prédiction souvent reste obscure pour les scientifiques. Des travaux tels que ceux étudiés dans [G18] visent à ouvrir de telles boîtes noires et proposent d'explicitier les résultats à l'aide de masques de saillance, c'est-à-dire en identifiant les sous-ensembles de données d'entrée utilisés par les réseaux pour établir leurs prévisions [X15, R17]. Nous proposons de combiner ce type d'approche avec une approche originale consistant à construire un réseau dont les concepts latents correspondent à des modèles/motifs de fouille de données spatiotemporels interprétables tels que ceux proposés dans [M19]. Les méthodes développées dans ce cadre seront appliqués à des cibles d'intérêt géophysique ayant des comportements de déplacement différents telles que le volcan Merapi situé au centre de Java en Indonésie, le Piton de la Fournaise à l'est de l'île de la Réunion.

Profil du candidat:

Le candidat/la candidate devra disposer de connaissances et compétences en apprentissage automatique et en programmation (C/C++, Python, etc.). Des connaissances en télédétection seront les bienvenues.

Encadrements :

Yajing Yan (yajing.yan@univ-smb.fr)

Nicolas Méger (nicolas.meger@univ-smb.fr)

Alexandre Benoit (alexandre.benoit@univ-smb.fr)

Laboratoire : Laboratoire d'Informatique, Systèmes, Traitement de l'Information et de la Connaissance (LISTIC), Université Savoie Mont-Blanc, Annecy

Durée: 4 – 6 mois en fonction de la disponibilité du candidat

Références :

- [E18] E. Laloy, R. Héroult, D. Jacques and N. Linde, (2018), Training-image based geostatistical inversion using a spatial generative adversarial neural network, *Water Resources Research*, vol.54, pp.381-406.
- [G18] R. Guidotti, et al. 2018. A Survey of Methods for Explaining Black Box Models. *ACM Comput. Surv.* 51, 5, Article 93 (August 2018), 42 pages. DOI: <https://doi.org/10.1145/3236009>
- [M19] N. Méger, C. Rigotti, C. Pothier, T. Nguyen, F. Lodge, L. Gueguen, R. Andréoli, M-P. Doin and M. Datcu. Ranking Evolution Maps for Satellite Image Time Series Exploration – Application to Crustal Deformation and Environmental Monitoring. *Data Mining and Knowledge Discovery*, volume 33, issue 1, pp. 131-167, 2019.
- [R17] R. R. Selvaraju et al. Grad-cam: Why did you say that? visual explanations from deep networks via gradient-based localization. 2017 IEEE International Conference on Computer Vision, Venice, 2017, pp. 618-626.
- [T19] M. Titos, A. Bueno, L. Garcia, M.C. Benitez and J. Ibanez, (2019), Detection and classification of continuous volcano-seismic signals with recurrent neural networks, *IEEE Transactions on Geosciences & Remote Sensing*, 57(4), pp.1936-1948.
- [X15] K. Xu et al. Show, attend and tell: Neural image caption generation with visual attention. In *International Conference on Machine Learning*, pages 2048–2057, 2015.
- [Z19] R. Zhang, Z. Chen, S. Chen, J. Zheng, O. Buyukozturk and H. Sun, (2019), Deep long short-term memory networks for nonlinear structural seismic response prediction, *Computers and Structures*, vol.220, pp.55-68.