

M2 SOAC : Fiche de stage de recherche en laboratoire

Laboratoire : CNRM

Titre du stage : Apport de l'intelligence artificielle pour produire un diagnostique spatialisé de taille de grêle à partir d'observations radar à double-polarisation.

Nom et statut du (des) responsable (s) de stage : Clotilde AUGROS (chercheuse dans l'équipe GMME/PRECIP), Pierre Lepetit (ingénieur expert IA dans l'équipe DSO/MSO/PPC), Ludovic Bouilloud (responsable de l'équipe DSO/CMR/DEP)

Coordonnées (téléphone et email) du (des) responsable (s) de stage : clotilde.augros@meteo.fr 05 61 07 84 89

Sujet du stage :

La grêle a été identifiée comme le principal responsable des pertes assurées dues aux orages dans le monde, ces pertes coûtant au secteur de l'assurance des milliards de dollars chaque année (Brimelow, 2018). D'autre part, en réponse à un climat qui se réchauffe, plusieurs études s'appuyant sur des observations et modélisations s'accordent pour prévoir une augmentation de la fréquence et de l'intensité des orages de grêle en particulier en Europe (Raupach, 2021). La prévision et la détection précise de la grêle et de sa taille sont donc essentielles afin d'émettre des alertes, minimiser les dommages potentiels, et faciliter l'évaluation des dommages après un événement. Les radars météorologiques à double-polarisation sont particulièrement adaptés pour la détection de la grêle, car ils sont sensibles aux caractéristiques microphysiques des hydrométéores (taille, forme, composition) et fournissent des observations spatialisées avec une résolution kilométrique et une fréquence temporelle de l'ordre de 5 minutes. Malgré le développement de systèmes complexes de classification des hydrométéores (Park et al. 2009 ; Al-Sakka et al. 2013), l'estimation de la taille des grêlons reste difficile (Ortega et al. 2016). A Météo-France, les algorithmes utilisés pour la détection de la grêle par radar (algorithme Al-Sakka et al, 2013 et algorithme HYDRE) sont plutôt satisfaisants en terme de détection de l'occurrence de grêle mais sont très imprécis sur la détection de la taille des grêlons. Compte tenu de l'explosion du développement des techniques de machine learning dans l'ensemble du spectre météorologique, et de travaux récents montrant la supériorité d'un modèle de deep learning sur des méthodes classiques pour détecter l'occurrence de grêle (Wang et al, 2018), il est apparu pertinent de tester ce type de méthode pour diagnostiquer l'occurrence et la taille de la grêle à partir de données radar.

C'est l'objet des travaux de thèse de Vincent Forcadell au CNRM, qui a mis en œuvre une méthode s'appuyant sur un réseau de neurones pour détecter l'occurrence et la taille de la grêle (Forcadell et al, 2023). La première version de son algorithme appelée BHCnn (Binary Hail Classification neural network) qui permet de détecter l'occurrence de grêle a été conçue à partir d'un jeu de données de référence positif (présence de grêle) et négatif (absence de grêle) au niveau de point d'observations (grêlimètres) dans une zone restreinte, proche du radar de Toulouse, bien couverte par ces observations.

Le stage proposé s'inscrit dans la continuité de la thèse de Vincent, et un premier enjeu est de vérifier la reproductibilité de l'algorithme dans d'autres régions et éventuellement proposer des adaptations.

Par ailleurs, l'algorithme prend en entrée des imagerie de 20x20 km d'observations radar et donne en sortie une probabilité de grêle (entre 0 et 1) ou une taille de grêle maximale au sein de l'image. L'objectif principal du stage est d'adapter l'algorithme afin de produire un diagnostique spatialisé (carte) de taille de grêle. L'entraînement et l'évaluation seront réalisées grâce à diverses sources de données : grêlimètres, données issues des réseaux sociaux et contrôlées provenant de la base ESWD (European Severe Weather Database), et données participatives de l'application Météo-France.

Tous les outils à adapter ou à mettre en œuvre au cours du stage seront en langage python et pourront s'appuyer sur la librairie PyTorch pour la partie construction/adaptation du réseau de neurones.

Références

Brimelow, Julian. "Hail and Hailstorms." *Oxford Research Encyclopedia of Climate Science*, 2018, <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190228620.013.666>.

Forcadell, V. et al. « A Convolutional Neural Network For The Detection Of Hail Occurrence By Dual-Polarization Radar », in preparation
Ortega, Kiel L., et al. "Polarimetric Radar Characteristics of Melting Hail. Part III: Validation of the Algorithm for Hail Size Discrimination." *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, vol. 55, no. 4, Apr. 2016, pp. 829–48, <https://doi.org/10.1175/JAMC-D-15-0203.1>.

Park, Hyang Suk, et al. "The Hydrometeor Classification Algorithm for the Polarimetric WSR-88D: Description and Application to an MCS." *Weather and Forecasting*, vol. 24, no. 3, June 2009, pp. 730–48, <https://doi.org/10.1175/2008WAF2222205.1>.

Raupach, Timothy H., et al. "The Effects of Climate Change on Hailstorms." *Nature Reviews Earth & Environment*, vol. 2, no. 3, Mar. 2021, pp. 213–26, <https://doi.org/10.1038/s43017-020-00133-9>.

Wang, Ping, et al. "Hail Storms Recognition Based on Convolutional Neural Network." *2018 13th World Congress on Intelligent Control and Automation (WCICA)*, 2018, pp. 1703–08, <https://doi.org/10.1109/WCICA.2018.8630701>.