

Sujet de stage : Exploration avancée des panaches et nuages volcaniques à l'aide de méthodes d'intelligence artificielle

Contexte :

Les panaches volcaniques sont des phénomènes naturels turbulents et complexes générés lors d'éruptions explosives expulsant des gaz et des fragments de magma (pyroclastes) à des altitudes pouvant atteindre plusieurs dizaines de kilomètres. Ces panaches sont ensuite dispersés par les vents sous la forme de nuages volcaniques ainsi générant des dépôts pyroclastiques sur de vastes zones géographiques. L'étude des panaches et nuages volcaniques est donc essentielle pour mieux comprendre les mécanismes gouvernant les éruptions explosives et pour mieux caractériser les aléas et risques associés à ces événements.

Analyser et modéliser le comportement des panaches et nuages à différentes échelles est un défi majeur en raison (1) de leurs dynamiques atmosphériques instables, (2) de la diversité des pyroclastes qu'ils transportent, et (3) des processus volcaniques qui les génèrent. Actuellement, les outils d'analyse ne permettent pas une caractérisation multi-échelle suffisamment accessible, rapide, et précise. Le projet VolCloud-AI ("Vol" pour volcanique, "Cloud" pour nuage, "AI" pour intelligence artificielle) propose de développer une solution novatrice en utilisant l'intelligence artificielle (IA) pour segmenter et analyser les images de panaches volcaniques à trois échelles distinctes, préalablement acquises par divers outils d'observations et d'échantillonnages déjà implémentés, opérationnels et accessibles sur des volcans fréquemment actifs (Etna, Sakurajima, Sabancaya, Copahue, Stromboli).

Le projet VolCloud-AI est une collaboration internationale entre des chercheurs en Volcanologie de l'université de Genève et des chercheurs en Informatique de l'université Lumière – Lyon 2 (laboratoire LIRIS).

En 2024-2025, un premier travail a été réalisé permettant de mettre en place un logiciel de segmentation interactive des panaches de fumées à l'échelle macroscopique (fig1, haut). Ce travail est en cours d'utilisation par les volcanologues et donnera lieu à une publication collaborative très prochainement.

Description du sujet :

Dans le contexte de ce stage, nous comptons poursuivre le travail précédemment réalisé et l'adapter à des échelles plus fines :

(1) à l'échelle particulaire (fig1, milieu), l'outil permettra de segmenter les images des particules dont les caractéristiques peuvent également être variables,

(2) à l'échelle microscopique (fig1, bas), l'outil permettra de segmenter différents types de cristaux et de vésicules présents au sein des particules.

Pour ce faire, les travaux développés s'appuieront d'une part, sur les travaux réalisés dans le contexte du stage précédent. A la différence du travail précédent, nous nous orienterons vers de la segmentation par instances [1, 2]. Un des objectifs sera en effet de pouvoir obtenir des graphes de répartition des tailles de particules sur des séries d'images de manière automatique ou interactive.

D'autre part, nous envisageons de baser le travail sur la toute dernière version de SAM [3], afin de bénéficier des dernières avancées. Le stagiaire sera donc amené à étudier précisément cet article, à utiliser le code associé et à l'adapter aux images de particules.

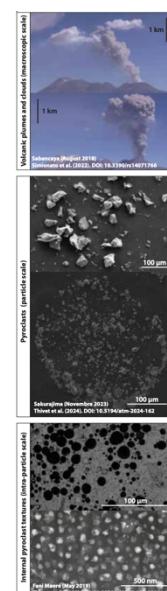


Figure 1 : les 3 échelles

Outils

Utilisation du GitLab du LIRIS, servers GPU du LIRIS-Lyon 2

Langage Python - Framework PyTorch

Lieu de travail :

LIRIS - Université Lumière Lyon 2 (Bron)

Durée :

4 à 6 mois en fonction des disponibilités de l'étudiant (master 1, master 2, PFE)

Contacts :

Laure Tougne Rodet, laure.tougne@univ-lyon2.fr

Bertrand Kerautret, bertrand.kerautret@univ-lyon2.fr

Catherine Pothier, catherine.pothier@insa-lyon.fr

Références

[1] Sharma, R., Saqib, M., Lin, C.T. et al. A Survey on Object Instance Segmentation. SN COMPUT. SCI. 3, 499 (2022). <https://doi.org/10.1007/s42979-022-01407-3>

[2] Wenchao Gu, Shuang Bai, Lingxing Kong, A review on 2D instance segmentation based on deep neural networks, Image and Vision Computing, Volume 120, 2022, 104401, ISSN 0262-8856, <https://doi.org/10.1016/j.imavis.2022.104401>

[5] N. Carion et al., SAM 3: Segment Anything with Concepts, 2025, 2511.16719, <https://arxiv.org/abs/2511.16719>