M2 SOAC : Fiche de stage de recherche en laboratoire

Laboratoire : LAERO

Titre du stage : Nuages stratosphériques polaires vus par la mission EarthCARE

Nom et statut du (des) responsable (s) de stage : Vincent NOEL

Coordonnées (téléphone et email) du (des) responsable (s) de stage : vincent.noel@cnrs.fr

Sujet du stage :

Les nuages stratosphériques polaires (PSC en anglais) apparaissent à 20-30 km d'altitude au-dessus des régions polaires pendant la nuit hivernale, lorsque la stratosphère devient assez froide pour déclencher la formation de particules par le mélange de sulfates, d'acide nitrique et de glace. Les PSC affectent l'équilibre des espèces chimiques dans la stratosphère, car la sédimentation de leurs particules conduit à la dénitrification, et à l'approche du printemps, des réactions activées par le soleil à la surface de leurs particules peuvent entraîner une déplétion de l'ozone. Avec ces réactions, les PSC ralentissent la récupération au-dessus des pôles du trou dans la couche d'ozone, qui reste particulièrement marqué au-dessus de l'Antarctique. Mieux comprendre les processus qui pilotent la formation, la nature et la composition des particules de PSC permet de mieux prévoir leur impact sur la perte d'ozone. Des progrès rapides peuvent venir de l'observation d'événements de courte durée comme les réchauffements stratosphériques soudains (liés à des ruptures du vortex polaire), les éruptions volcaniques injectant dans la stratosphère des sulfates (le Calbuco, 2015) ou de la vapeur d'eau (le Tonga, 2022), ou des panaches d'aérosols de feux de biomasse (Australie, 2019-2020).

Le lidar spatial de la mission satellite CALIPSO (2006-2023) a démontré la forte capacité de ces instruments à fournir des informations essentielles sur les PSC. La très haute résolution verticale et la sensibilité aux couches atmosphériques optiquement fines des lidars permettent de documenter les PSC avec une précision inégalée par d'autres capteurs. Les mesures de CALIPSO ont permis de créer un jeu de données d'observation décrivant la localisation, l'étendue et la nature des PSC entre 2006 et 2023 (Pitts et al., 2018). Ce produit spatial a servi de base à de nombreuses études, par exemple reliant la formation des PSC à la dynamique atmosphérique (e.g. Noel et Pitts, 2012) ou en construisant des modèles statistiques pour prévoir la couverture des PSC d'après les modèles de climat (Leroux et Noel, 2024).

L'objectif de ce stage est d'exploiter les données du lidar spatial ATLID, de la mission ESA/JAXA EarthCARE en orbite depuis 2024. Le laser d'ATLID fonctionne dans l'ultraviolet (355 nm), ce qui lui confère une plus grande sensibilité aux petites particules d'aérosols et à la composition moléculaire. Sa haute résolution spectrale permet de discriminer la lumière rétrodiffusée par les particules et les molécules atmosphériques. Les données d'ATLID font l'objet depuis deux ans d'efforts poussés de validation, mais les mesures stratosphériques restent sous-exploitées. Suite à plusieurs études, le LAERO dispose d'une bonne compréhension des qualités et des limites des produits de données ATLID. Au cours de stage, on appliquera des algorithmes de détection permettant de localiser la présence de PSC dans les données, afin de contribuer à la génération d'un produit spatial ATLID-PSC. La qualité de la détection pourra être évaluée au travers de comparaisons avec des mesures lidar sol de la station Antarctique de Dumont d'Urville. Le jeu de données spatiales, qui serait mis à disposition de la communauté scientifique internationale, pourrait à terme être combiné aux données CALIPSO pour étudier l'évolution des PSC sur des échelles de temps climatiques. Afin de mettre cette évolution en contexte, le stage impliquera, en parallèle au traitement des données, d'explorer des prévisions climatiques afin d'identifier celles proposant les meilleures performances concernant la chimie de la stratosphère polaire.

Le stage, qui aura lieu au LAERO, impliquera des échanges avec des experts PSC au LEATP (Reims) et LATMOS (Guyancourt). Une poursuite des travaux en thèse est souhaitée.