

**ECOLE DOCTORALE DES SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT**  
**D'ILE DE France N° 129**  
**Proposition de sujet de thèse pour la rentrée 2020**

Nom du Laboratoire d'accueil : LATMOS

N° UMR : 8190

Nom du Directeur du laboratoire : François Ravetta

Adresse complète du laboratoire : 11, boulevard d'Alembert, 78280 Guyancourt

Nom de l'Equipe d'accueil et adresse si différente de celle du laboratoire : Strato

Nom du Directeur de thèse **HDR** : Philippe Keckhut

Téléphone : 0180285250

Mail : keckhut@latmos.ipsl.fr

Nom du co-directeur de thèse **HDR** :

François Ravetta

Téléphone : 0144275016

Mail : francois.ravetta@latmos.ipsl.fr

**Autres collaborateurs** : Alain Hauchecorne (LATMOS), Chantal Claud (LMD)

• **Titre de la thèse en Français** : Evolution de la température de la stratosphère aux hautes latitudes de l'hémisphère nord; rôle du couplage avec la surface

• **Titre de la thèse en Anglais** : Stratospheric temperature evolution at high latitudes in the northern hemisphere; coupling with the surface

• **Résumé Sujet en Français (1 page maximum)** :

L'évolution de la température de la stratosphère dans l'hémisphère nord connaît des changements rapides lors de l'effondrement du vortex connu sous le nom d'échauffement stratosphérique soudain (10-40 K/jour). Ces phénomènes sont les événements les plus violents dans la stratosphère induisant des fluctuations de plusieurs dizaines de degrés en quelques jours. Ils sont provoqués par l'interaction entre les ondes planétaires et la circulation moyenne conduisant à un ralentissement du vent zonal avec parfois la rupture du vortex polaire (McIntyre, 1982). L'occurrence et le type de ces événements sont importants pour comprendre l'évolution de la stratosphère et de la diminution d'ozone polaire associée. Si ces phénomènes apparaissent bien dans les modèles numériques de climats, leurs distributions saisonnières varient fortement d'un modèle à l'autre et sont donc peu prévisibles au-delà de quelques jours. Les ondes planétaires jouent un rôle très important dans les déformations du vortex polaire (Charney et Drazin, 1961). Elles sont générées par une combinaison entre le forçage radiatif et les effets météorologiques régionaux. La description des échauffements a déjà été largement étudiée (Charlton et Polvani, 2007, Maury et al. 2016). De nombreuses études ont déjà caractérisé le contexte précédent un échauffement stratosphérique soudain (Cohen and Jones, 2011). Mais plusieurs mécanismes de lien entre l'activité ondulatoire, les déformations du vortex associées et l'état de surface (océan/surface continentales, enneigement, couverture nuageuse,...) nécessitent d'être étudiés. Ce lien avec l'albédo de surface a été proposé par plusieurs auteurs (Kim et al., 2014 ; Peings et al., 2017). Le temps et l'amplitude de déformation du vortex sont probablement également des paramètres importants sur la stabilité et les conditions de rupture du vortex qu'il faut également considérer. Les ondes de plus petites échelles et notamment, les ondes de gravité qui sont elles-mêmes modulées par le vent contribuent probablement aussi localement à la fragilisation du vortex et au déclenchement des échauffements soudains.

L'objectif de la thèse consiste donc à mieux comprendre ces mécanismes participants au déclenchement de la rupture du vortex et de l'échauffement associé. Pour cela il est proposé 3 parties. La première partie consiste à étudier les relations entre l'activité des ondes planétaires de Rossby déduites des analyses météorologiques et de mieux comprendre leur lien avec les composante du forçage radiatif comme l'albédo et la couverture nuageuse au-dessus de la région Arctique. La deuxième partie consistera à identifier un ensemble de paramètres en lien avec l'échauffement comme l'activité des ondes planétaires (lien avec la partie 1) et son type, la durée de la perturbation, la force de rappel radiative dû à l'ozone, et d'autres paramètres afin de comprendre les différents éléments responsables de la destruction du vortex et leurs combinaisons. Enfin la troisième partie est instrumentale et consistera à améliorer les données locales de température par lidar notamment mise en œuvre dans le cadre du projet Européen ARISE à Andoya (Norvège) et à l'Observatoire de Haute-Provence (France) afin de compléter les données globales et d'évaluer les perturbations de plus petites échelles.

### • **Résumé Sujet en Anglais (1 page maximum) :**

The evolution of the temperature of the stratosphere in the northern hemisphere undergoes rapid changes during the collapse of the vortex known as sudden stratospheric warming (10-40 K / day). These phenomena are the most violent events in the stratosphere inducing fluctuations of several tens of degrees in a few days. They are caused by the interaction between planetary waves and mean circulation leading to a damping of the zonal wind with sometimes the breakdown of the polar vortex (McIntyre, 1982). The occurrence and type of these events are important for understanding the evolution of the stratosphere and the associated decrease of polar ozone. If these phenomena exist in climate numerical models, their seasonal distributions vary greatly from one model to another and are therefore not very predictable beyond a few days. Planetary waves play a very important role in the deformations of the polar vortex (Charney and Drazin, 1961). They are generated by a combination of radiative forcing and regional weather effects. The description of stratospheric warmings has already been widely studied (Charlton and Polvani, 2007, Maury et al. 2016). Many studies have already characterized the context preceding a sudden stratospheric heating (Cohen and Jones, 2011). However, several mechanisms linking wave activity, associated vortex deformations and surface conditions (ocean / continental surface, snow cover, cloud cover, etc.) need to be studied. This link with surface albedo has been already suggested by several authors (Kim et al., 2014; Peings et al., 2017). The time and amplitude of deformation of the vortex are probably also important parameters on the stability and breakdown conditions of the vortex and must also be considered. Waves of smaller scales and in particular gravity waves which are themselves modulated by the wind probably also contribute locally to the weakening of the vortex and to the triggering sudden warming. The objective of the thesis is therefore to better understand these mechanisms involved in triggering the rupture of the vortex and the associated heating.

There are 3 parts suggested for this study. The first part consists in studying the relationships between Rossby planetary wave activity deduced from meteorological analyzes and to better understand their link with the components of radiative forcing like the albedo and the cloud cover over the Arctic region. The second part will consist in identifying a set of parameters related to the stratospheric warming such as the activity of planetary waves and its type, the duration of the disturbance, the radiative forcing due to ozone, and other parameters in order to understand the different elements responsible for the stratospheric warming of the vortex and their combinations. Finally the third part is instrumental and will consist in improving the local temperature data by lidar notably implemented within the framework of the European project ARISE in Andoya (Norway) and at the Observatory of Haute-Provence (France) in order to supplement the data and assess disturbances on smaller scales.

### **Références**

- Charney, J. G., and P. G. Drazin (1961), Propagation of planetary scale disturbances from the lower into the upper atmosphere, *J. Geophys. Res.*, 66, 83–109.
- Charlton, A. J., and L. M. Polvani (2007), A new look at stratospheric sudden warmings. Part I: Climatology and modeling benchmarks, *J. Clim.*, 20, 449–469.
- Cohen, J., and J. Jones (2011), Tropospheric precursors and stratospheric warmings, *J. Clim.*, 24, 6562–6572, doi:10.1175/2011JCLI4160.1.
- Hauchecorne A., M.L. Chanin, P. Keckhut, and D. Nedeljkovic, Lidar monitoring of the temperature in the middle and lower atmosphere, *Applied Physics*, B 54, 2.573-2.579, 1992.
- McIntyre, M. E., 1982: How well do we understand the dynamics of stratospheric warmings?, *J. Meteor. Soc. Japan*, 60, 37–65
- Kim, B., Son, S., Min, S. *et al.* Weakening of the stratospheric polar vortex by Arctic sea-ice loss. *Nat Commun* 5, 4646 (2014). <https://doi.org/10.1038/ncomms5646>
- Maury, P., C. Claud, E. Manzini, A. Hauchecorne and P. Keckhut, Characteristics of stratospheric warming events during northern winter, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 2016, <10.1002/2015JD024226>.
- Peings, Y., H. Douville, J. Colin, D. Saint-Martin, and G. Magnusdottir (2017) Snow–(N)AO Teleconnection and Its Modulation by the Quasi-Biennial Oscillation, *J. Climate*, 30, 10211–10235, <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-17-0041.1>

• **Type de financement autre que ED 129, précisez si envisageable ou acquis (CNES, CEA, ADEME etc...) :**

• **Encadrement :**

. **Liste des autres doctorants que vous encadrez ou co-encadrez au 1<sup>er</sup> janvier 2020**

(Nom, Université d’inscription, type de financement, date de soutenance envisagée)

Thurian LEDU, Paris-Saclay, financement ONERA, codirection (30%) soutenance envisagée  
Octobre 2020.