

PROPOSITION DE STAGE EN COURS D'ETUDES

Référence : **DOTA-2026-09**
(à rappeler dans toute correspondance)

Lieu : Palaiseau

Département/Dir./Serv. : DOTA/MPSO

Tél. : 0180386364

Responsable(s) du stage : Christophe Bellisario

Email. : christophe.bellisario@onera.fr

DESCRIPTION DU STAGE

Thématique(s) : Airglow, climatologie, observation, modélisation, mésosphère, ondes de gravité

Type de stage : ☒ Fin d'études bac+5 ☒ Master 2 ☐ Bac+2 à bac+4 ☐ Autres

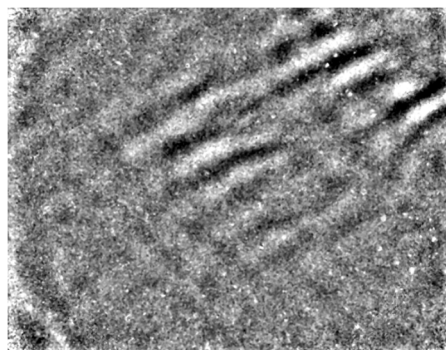
Intitulé : Climatologie du rayonnement nightglow au-dessus de l'Observatoire de Haute-Provence

Sujet :

La haute atmosphère, et plus précisément la région appelée MLT (Mesosphere Lower Thermosphere) qui se situe entre 60 et 150 km d'altitude, est le siège de processus divers (chimiques, radiatifs, dynamiques) dont l'étude est cruciale pour la compréhension du climat et le développement des futurs modèles climatiques.

Le rayonnement nightglow, qui se produit au niveau de la mésopause (vers 80 km d'altitude), permet de tracer les phénomènes dynamiques se propageant dans cette couche. Ce rayonnement est observable depuis le sol à l'aide de caméras et spectromètres adaptés (principalement visible et proche-infrarouge).

L'ONERA a dans ce sens effectué de nombreuses recherches sur ce phénomène [Derelle et al., 2012, Bellisario, 2015, Le Dû, 2020], avec pour objectif de caractériser la couche d'émission. En particulier, l'impact des phénomènes dynamiques dont les ondes de gravité, a été mis en évidence et les effets sur le milieu (densité, température, chimie et luminance) nécessitent des études supplémentaires.



Observations d'ondes de gravité sur la couche d'émission OH, Observatoire du Maïdo, 01/06/2016.

Début 2024, un caisson composé de différents instruments optiques a été installé sur le site de l'Observatoire de Haute Provence permettant l'observation du rayonnement nightglow de manière continue. **L'objectif du stage est d'utiliser ces deux années de données afin d'extraire une climatologie du rayonnement nightglow, en particulier sur les différentes variabilités observées, d'origines chimiques ou dynamiques.**

Le ou la stagiaire pourra se baser sur les outils développés lors des thèses et des stages précédents. Des premiers résultats ont été extraits à partir d'images en température et en luminance [Jaffré, 2025] et des travaux sur les méthodes d'analyse permettent d'extraire les principales caractéristiques de ces ondes [Froissart, 2025]. Devant le volume important de données, des traitements automatiques par IA ont permis d'estimer la qualité d'une nuit [Segondat, 2025].

La première étape du stage sera de se familiariser avec les caractéristiques du domaine étudié, à savoir le rayonnement nightglow, la haute atmosphère et la dynamique associée (les ondes de gravité en particulier). Le ou la stagiaire aura ensuite pour tâche l'utilisation des différents outils à sa disposition, sur les traitements automatiques de correction des images [Froissart, 2025], et aussi sur les outils de simulation du rayonnement (NEMO pour la partie chimie [Bellisario, 2015] et DOWRI pour la partie dynamique [Jaffré, 2025]). A partir de là, le ou la stagiaire pourra déduire une première climatologie de l'évolution du rayonnement nightglow. Cette

climatologie sera à confronter avec des données externes, soit observées *in situ* (données LIDAR), soit issues d'observations spatiales (instruments SABER, AWE), soit issues de modèles globaux (ICON, MSIS), et de la littérature scientifique. La mise en relation des variations de luminance observées dans la climatologie avec les ondes de gravité qui en sont à l'origine permettra d'en extraire des spectres de densité atmosphérique. L'analyse de ces résultats permettra de dériver des formulations analytiques reliant les mesures du rayonnement nightglow à l'estimation de l'impact des ondes de gravité dans la haute atmosphère.

Ce stage pourra être poursuivi sur une thèse où les différents résultats seront approfondis.

Références :

Bellisario C., Modélisation du rayonnement proche infrarouge émis par la haute atmosphère : étude théorique et observationnelle, Thèse de Doctorat de l'Université de Paris-Saclay - <http://www.theses.fr/s141977>.

Derelle, S., Simoneau, P., Deschamps, J., Rommeluère, S., Hersé, M., Moreels, G., De Borniol, E., Pacaud, O., "Development of low-flux SWIR radio-imaging systems to study nightglow emission," Proc. SPIE 8353, Infrared Technology and Applications XXXVIII, 83533P (1 May 2012); <https://doi.org/10.1117/12.919995>.

Froissart, P.-Y., Imagerie Airglow et modélisation associée des tsunamis et des ondes de Rayleigh, Thèse de Doctorat de l'Université Paris-Cité - <https://theses.fr/s348915>.

Jaffré, E., Impact des perturbations atmosphériques et de leur propagation dans la Mésosphère-Basse Thermosphère, Thèse de Doctorat de l'Université de Paris-Saclay - <https://theses.fr/s356079>.

Le Dû, T., Observations multi-instrumentales pour l'étude de la dynamique atmosphérique dans la haute atmosphère, Thèse de Doctorat de l'Université de Paris-Saclay - <https://theses.fr/2020UPASJ003>.

Segondat, P., Caractérisation des ondes atmosphériques induites par des phénomènes météorologiques extrêmes à partir d'imagerie proche infrarouge de la mésosphère, Stage de fin d'étude.

Est-il possible d'envisager un travail en binôme ? Non

Méthodes à mettre en oeuvre :

- | | |
|---|--|
| ☒ Recherche théorique | ☒ Travail de synthèse |
| ☐ Recherche appliquée | ☒ Travail de documentation |
| ☒ Recherche expérimentale | ☐ Participation à une réalisation |

Possibilité de prolongation en thèse : Oui

Durée du stage : Minimum : 5 mois Maximum : 5 mois (6 mois sur dérogation uniquement)

Période souhaitée : Janvier à septembre 2026

PROFIL DU STAGIAIRE

Connaissances et niveau requis : Physique atmosphérique, transfert radiatif, mécanique des fluides, développement informatique (Python).	Ecoles ou établissements souhaités : École d'ingénieur ou licence physique, master recherche & professionnel.
---	--