

## PROPOSITION DE STAGE EN COURS D'ETUDES

Référence : **DOTA-2025-20** (à rappeler dans toute correspondance)

Lieu : Palaiseau

Département/Dir./Serv. : DOTA/MPSO

Tél. : 86364

Responsable(s) du stage : R. Tapimo

Email : [romuald.tapimo@onera.fr](mailto:romuald.tapimo@onera.fr)

### DESCRIPTION DU STAGE

Thématique(s) : Sprites, luminance, modèle hors équilibre thermodynamique locale

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

**Intitulé : Développent d'un modèle de transfert radiatif hors équilibre thermodynamique pour le calcul de la luminance spectrale induite par un sprite**

Sujet :

Découverts au début des années 1990, les phénomènes lumineux transitoires (Transient Luminous Event, TLE, en anglais) sont des flashes lumineux visibles d'une durée inférieure à la seconde qui se produisent dans la haute atmosphère et le plus souvent au-dessus des orages. Les sprites sont des TLEs qui apparaissent dans la haute atmosphère (entre 40 et 90 km d'altitude) pour une durée typique de 1 à 10 ms. Il résulte du couplage entre le plasma et l'atmosphère une excitation des niveaux vibrationnels de CO<sub>2</sub>, qui va perdurer plus de 40 s [1]. A cette altitude, la faible densité atmosphérique limite la désexcitation des molécules par collision. La molécule de CO<sub>2</sub> absorbe un quantum d'énergie correspondant à sa fréquence de vibration et chaque atome se met en mouvement périodique. Une vibration moléculaire se produit et la molécule dans son ensemble subit un mouvement de translation et de rotation. L'hypothèse d'une répartition des différents niveaux vibrationnels suivant une statistique de Maxwell-Boltzmann n'est plus vérifiée. Ainsi, il devient important de considérer individuellement chaque population vibrationnelle : on parle de Non Equilibre Thermodynamique Local (Non-ETL ou NETL) [2] (la température de la molécule encore appelée température vibrationnelle est différente de la température du milieu). La répartition des molécules sur leurs divers niveaux d'énergie est déterminée par le moyen du transfert radiatif. Or les codes de transfert radiatif qui permettent de réaliser des calculs en conditions NETL sont généralement chronophages.

MATISSE (Advanced Modeling of the Earth for Environment and Scenes Simulation) est un code de transfert radiatif en équilibre thermodynamique local (ETL) développé à l'ONERA depuis plus de deux décennies. Il repose sur un modèle de transfert radiatif rapide (modèle en CK-distributions tabulées stochastiquement couplé une approche en molécule générique) [3]. Cette approche peut présenter un fort potentiel pour accélérer le calcul de transfert radiatif en NETL. Le but de ce stage est donc d'adapter le modèle CK de MATISSE (développé en ETL) à une situation NETL, et d'appliquer ce nouveau modèle au cas d'un sprite, afin de calculer son spectre infrarouge.

Le/la stagiaire effectuera tout d'abord une étude bibliographique pour comprendre le modèle physique de Sprite (couplage chimie-plasma) et le principe du transfert radiatif hors équilibre thermodynamique local du CO<sub>2</sub> (niveaux et états vibrationnels, différentes transitions possibles, différents modes de vibration et les notations pour la description des états quantiques vibrationnels). Ensuite, le/la stagiaire extraira de la base de données HITRAN les paramètres spectroscopiques moyens des transitions possibles en se limitant à 3 états vibrationnels de CO<sub>2</sub>. Il/elle implémentera dans le modèle CK de MATISSE le calcul de la transmission atmosphérique spectrale connaissant la distribution verticale de la température vibrationnelle de chacun des 3 états. Le modèle CK ainsi obtenu en NETL sera appliqué au cas d'un sprite pour calculer sa luminance infrarouge. Le travail sera validé par une comparaison avec le code de transfert radiatif LBLRTM [4].

[1] Romand, F., Vialatte, A., Croizé, et al., "CO<sub>2</sub> thermal infrared signature following a sprite event in the mesosphere. Journal of Geophysical Research: Space Physics, 123, 8039–8050, 2018.

[2] Rothman, L. S., Gamache, R. R., Tipping, R. H. et al., "The Hitran molecular database: Editions of 1991 and 1992," JQRST 48(5/6), 469-507, 1992.

- [3] Croize, L., Pierro, J., Labarre, L., et al., "A wideband and narrow band radiative transfer model based on a fast-correlated k-distributions generation for MATISSE V3.0," Geophysical Research Abstracts 20, EGU2018-13910, 2018.
- [4] Alvarado, M. J., Payne, V. H., Mlawer, E. J. et al., "Performance of the Line-By-Line Radiative Transfer Model (LBLRTM) for temperature, water vapor, and trace gas retrievals: recent updates evaluated with IASI case studies," Atmospheric Chemistry and Physics 13, 6687-6711, 2013.

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

**Méthodes à mettre en oeuvre :**

- |   |  |
|---|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> Recherche théorique | <input type="checkbox"/> Travail de synthèse             |
| <input type="checkbox"/> Recherche appliquée            | <input type="checkbox"/> Travail de documentation        |
| <input type="checkbox"/> Recherche expérimentale        | <input type="checkbox"/> Participation à une réalisation |

Possibilité de prolongation en thèse : Oui

**Durée du stage :** Minimum : 4 mois Maximum : 5 mois

Période souhaitée : Février 2025

**PROFIL DU STAGIAIRE**

Connaissances et niveau requis :

Le candidat doit justifier de compétence dans au moins un des domaines suivants : physique atmosphérique, transfert radiatif, spectroscopie moléculaire, télédétection atmosphérique, langage de programmation.

Ecoles ou établissements souhaités :

Grandes écoles ou Universités