

Doctorat

Institut de Physique de Rennes UMR CNRS 6251

Diagnostic optique de propulseurs spatiaux pour CubeSats.

Début de thèse : 1^{er} Octobre 2021

Financement : ½ Contrat région Bretagne, ½ Contrat ANR FULLDIBS

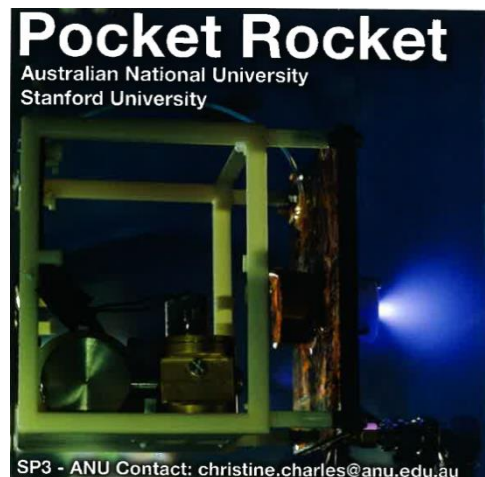
Mots-clés : astrophysique de laboratoire, spectroscopie moléculaire haute résolution, peignes de fréquences, cavités optiques.

Direction de thèse :

Robert Georges (professeur UR1) – robert.georges@univ-rennes1.fr

Lucile Rutkowski (chercheuse CNRS) – lucile.rutkowski@univ-rennes1.fr

Projet de thèse : Les CubeSats sont des satellites de petites dimensions composés d'unités de 10x10x10 cm³ n'excédant pas une masse de 1,33 kg chacune. Ces caractéristiques standardisées ont permis une réduction substantielle des coûts de lancement de ces satellites, ouvrant la voie à de multiples applications, commerciales comme scientifiques. L'élaboration d'un nouveau type de missions satellitaires compatibles avec de si petits volumes est un défi technologique qui a suscité le développement de propulseurs miniaturisés.



Le projet de thèse s'inscrit dans la modélisation en laboratoire des performances de mini propulseurs développés en collaboration avec le Space Plasma, Power and Propulsion laboratory (SP3) de l'Australian National University, dirigé par Prof. Christine Charles. Ces propulseurs entendent tirer le meilleur parti des carburants solides, comme le naphthalène (C₁₀H₈), dont les densités élevées permettent d'embarquer une charge propulsive importante tout en évitant les inconvénients liés au transport de gaz haute pression. Un second type de propulsion étudié durant ce projet repose sur des plasmas. Ces propulseurs électrothermiques de type « Pocket Rocket » génèrent un plasma radiofréquence qui élève l'énergie thermique d'un gaz pour ensuite la convertir en énergie cinétique à travers une tuyère. Le projet de thèse vise à trouver un moyen d'adapter ces différents propulseurs à une charge propulsive solide, en particulier le naphthalène.

Notre objectif est d'utiliser des techniques de spectroscopie infrarouge en cavité, telles que la spectroscopie par temps de déclin [1-2] ou la spectroscopie par peigne de fréquence [3], pour étudier et modéliser, à l'échelle moléculaire, les mécanismes de propulsion développés par SP3. Les objectifs scientifiques incluront la modélisation de la structure d'un jet de gaz supersonique produit par une tuyère miniaturisée, et la quantification de l'énergie stockée dans les différents degrés de liberté internes de la molécule de naphthalène après le chauffage modéré (< 100°C) de la charge propulsive solide pour sa mise en vapeur et son accélération par la tuyère supersonique du propulseur. La répartition des énergies moléculaires translationnelle, rotationnelle et vibrationnelle sera mesurée par spectroscopie infrarouge en utilisant le parc de spectromètres ultra-sensibles développés par le DPM et déjà

activement utilisés pour la caractérisation d'écoulements hypersoniques. Une chambre de simulation sera développée pour simuler les conditions de vide spatial.

Contexte général : Le groupe d'astrophysique de laboratoire, au sein du département de physique moléculaire de l'Institut de Physique de Rennes (<https://ipr.univ-rennes1.fr/departement-physique-moleculaire>), est constitué de 24 membres permanents et de 20 doctorants et chercheurs post-doc. Nous y développons entre autre des techniques de spectroscopie haute résolution et haute sensibilité afin d'étudier des molécules d'intérêt astrophysique dans des conditions extrêmes de température et de pression. Celles-ci reposent notamment sur l'utilisation de cavités optiques afin d'amplifier artificiellement la longueur d'interaction laser-échantillon, et sur l'utilisation de lasers infrarouges haute résolution comme les diodes laser continues et les peignes de fréquence. La plupart de nos travaux utilisent des écoulements supersoniques et hypersoniques afin d'atteindre des températures rotationnelles inférieures à 50 K et/ou des vitesses élevées.

Profil du candidat/de la candidate : Le/la candidat(e) doit être titulaire d'un master de physique ou équivalent. Le sujet proposé requiert une forte implication au niveau expérimental (techniques du vide, optique infrarouge, lasers, électronique, écoulements compressibles) mais aussi une volonté de compréhension théorique à travers la simulation des spectres mesurés. La maîtrise d'un outil de simulation des écoulements par CFD, des connaissances en programmation Matlab, Python et/ou Labview, en optique et en spectroscopie d'absorption laser seront hautement appréciées.

Bibliographie : [1] N. Suas-David et al. Chem. Phys Lett. 659, 209-215 (2016) ; [2] E. Dudás, et al. The Journal of Chemical Physics, **152**(13), 134201 (2020); [3] A. C. Johansson, et al. Optics Express, 26(16), 20633-20648 (2018).

Candidature : Toute candidature devra comporter les éléments suivants

- Lettre de motivation
- CV détaillé
- Copie du diplôme de Master ou équivalent
- Bulletin de notes
- Deux lettres de recommandation ou deux noms de contacts académiques pouvant recommander le/la candidat(e).

et peut être remplie en ligne sur le site : <https://theses.doctorat-bretagne.fr/3m/>

Pour toute information complémentaire, veuillez s'il vous plaît contacter Robert Georges ou Lucile Rutkowski.