

Influence de la concentration en méthane sur les propriétés optiques et physico-chimiques des aérosols de l'atmosphère jovienne

R. Ghobril¹, H. Ghorbel¹, L. Marratrat¹, A. Chatain¹, L. Vettier¹, T. Drant², N. Carrasco¹

¹ LATMOS, IPSL, CNRS, University Versailles Saint-Quentin en Yvelines, University Paris-Saclay, 11 boulevard d'Alembert, 78280 Guyancourt, France

² Department of Earth and Planetary Science, ETH Zürich NW E78.1 Clausiusstrasse 25 8092 Zürich
riwan.ghobril@latmos.ipsl.fr

Contexte Général :

L'étude des propriétés physico-chimiques et des dynamiques de formation des aérosols dans l'atmosphère de Jupiter est importante pour mieux comprendre et interpréter les observations futures, notamment celles de la mission JUICE. Cette recherche vise à étudier l'influence de la concentration en méthane sur les indices optiques et les propriétés physico-chimiques des analogues d'aérosols joviens produits en laboratoire.

Ces aérosols ont été produits à l'aide du réacteur plasma froid radiofréquence PAMPRE du LATMOS. A l'aide de cette méthode, nous avons reproduit expérimentalement les réactions photochimiques se produisant dans l'atmosphère de Jupiter, principalement composée de dihydrogène (H_2), d'hélium (He) et d'une faible proportion de méthane (CH_4). Trois mélanges gazeux contenant respectivement 3 %, 4 % et 5 % de méthane ont été injectés à un débit de 20 sccm, à une pression de 1 mbar afin de générer des analogues d'aérosols joviens.

Les films produits ont été analysés spectroscopie optique UV–Vis–NIR afin d'étudier les indices optiques, et par spectrométrie de masse pour quantifier et identifier la nature des composés organiques formés dans le réacteur.

Résultats et Discussions :

Les résultats optiques présentés dans le tableau 1, obtenus à l'aide du modèle itérative par dispersion de Cauchy ; particulièrement adapté aux films minces de faible épaisseur ($< 1 \mu m$); indiquent que l'augmentation de la concentration en méthane dans le mélange initial entraîne une croissance plus rapide des films passant de $\sim 21 \text{ nm/h}$ à 3% CH_4 à plus de 60 nm/h à 5%., ce qui se traduit par une épaisseur moyenne plus élevée. Parallèlement, une diminution progressive de l'indice de réfraction n est observée avec l'augmentation du pourcentage de méthane, de $n = 1.54$ à $n = 1.49$. Cette baisse de l'indice de réfraction suggère une modification de la structure ou de la densité optique des films formés [KHARE ET AL]¹.

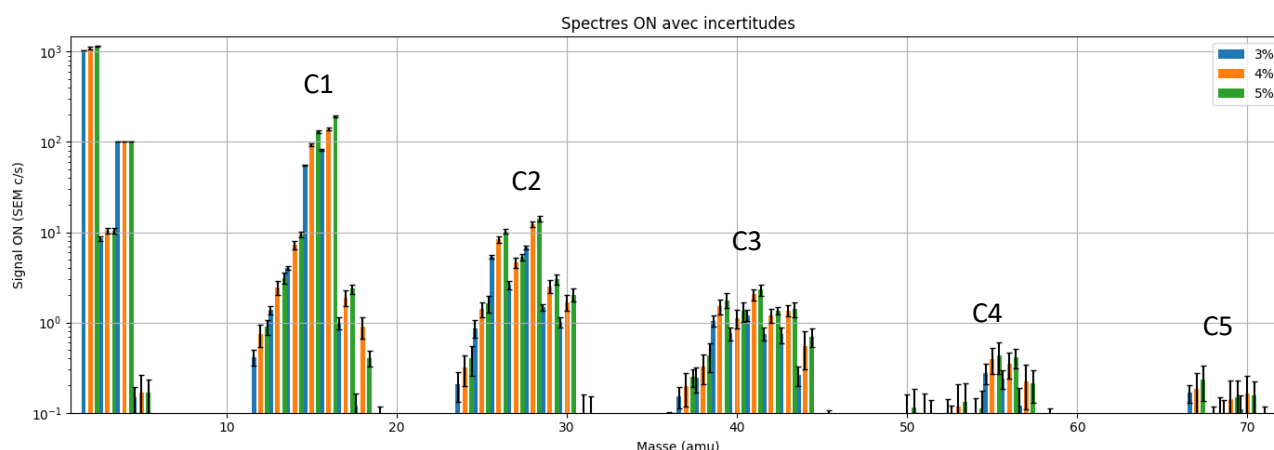
Les films produits présentent des indices de réfraction proches de ceux du verre ($n \approx 1,5$), ce qui est compatible avec une structure amorphe relativement homogène ou une structure poreuse.

Ces résultats suggèrent que la concentration en méthane, peut influencer la microstructure des analogues d'aérosols joviens, et par conséquent, leurs propriétés optiques.

Tableau 1: Épaisseurs Moyennes et indices optiques des films par la méthode itérative.

Échantillon	Épaisseur moyenne(nm)	Croissance (nm/h)	Indice n (2000nm)
CH4 3%	622.41	21.46	1.5446
CH4 4%	1246.10	40.86	1.5342
CH4 5%	1702.40	53.20	1.4916

Les résultats de spectrométrie de masse, présentés dans la figure 1 révèlent la présence des hydrocarbures aliphatiques saturés et insaturés (de C1 à C5) pour les mélanges gazeux 3%, 4% et 5% de méthane. Cette distribution est typique des produits issus de la photo-décomposition du méthane dans un environnement riche en H₂ [V. Vuitton et al]². En outre, des signaux significatifs à des masses plus élevées indiquent la présence possible des composés chimique cycliques. Ces signaux peuvent être compatibles avec le cyclopentène (C₅H₈), le cyclopentane (C₅H₁₀) voire des dérivés alkylés ou insaturés. Ces résultats suggèrent que même à de faibles concentrations en méthane, des chemins réactionnels complexes peuvent conduire à la formation de précurseurs des aérosols plus lourds. La teneur en méthane peut moduler directement la composition moléculaire des aérosols produits, ceci peut influencer leur réponse optique.



Conclusions

Ces mesures apportent des contraintes précieuses aux modèles de transfert radiatif et permettent une meilleure interprétation des atmosphères planétaires, notamment dans le cadre de l'analyse spectrale des données attendues de la mission JUICE. La tendance décroissante de n avec CH₄ pourrait indiquer que les aérosols réels de Jupiter formés à faible teneur en méthane présentent des indices de réfraction encore plus faibles, compatibles avec des structures amorphes ou poreuse. La formation des aérosols joviens implique des espèces organiques variées, allant des petits hydrocarbures aux composés cycliques plus structurés.

Références

- 1- Khare, B. N., Carl Sagan, E. T. Arakawa, F. Suits, T. A. Callcott, et M. W. Williams. « Optical constants of organic tholins produced in a simulated Titanian atmosphere: From soft x-ray to microwave frequencies ». *Icarus* 60, n° 1 (1 octobre 1984): 127-37. [https://doi.org/10.1016/0019-1035\(84\)90142-8](https://doi.org/10.1016/0019-1035(84)90142-8).
- 2- Vuitton, V., R.V. Yelle, et M.J. McEwan. « Ion Chemistry and N-Containing Molecules in Titan's Upper Atmosphere ». *Icarus* 191, n° 2 (novembre 2007): 722-42. <https://doi.org/10.1016/j.icarus.2007.06.023>.