

AVIS DE SOUTENANCE
Rikuto YASUDA
Astronomie et Astrophysique

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés

Les occultations radio planétaires comme nouvelles sondes des ionosphères des lunes glacées

Cotutelle avec l'université "Université du Tohoku" (JAPON)

Soutenance prévue le **4 février 2026** à

Lieu : N404

Science Complex C-building Aramaki-aza-Aoba 6-3, Aoba, Sendai, Miyagi 980-8578, Japan

Composition du jury proposé

M. Baptiste CECCONI	Astronome	Observatoire de Paris	Directeur de these
M. Masafumi IMAI	Chargé de recherche	Institute of Atmospheric Physics of the Czech Academy of Sciences	Rapporteur du jury
Mme Michiko MOROOKA	Chargé de recherche	Swedish Institute of Space Physics (IRF)	Rapporteur du jury
M. Yasumasa KASABA	Professeur des universités	Tohoku University	Membre du jury
M. Fuminori TSUCHIYA	Professeur des universités	Tohoku University	Membre du jury
Mme Chihiro TAO	Chargé de recherche	National Institute of Information and Communications Technology (NICT)	Membre du jury
M. Fabrice MOTTEZ	Directeur de recherche	CNRS	Membre du jury

Mots-clés : lune glacée,ionosphère,émission radio planétaire,,

Keywords : Icy moon,Ionosphere,Planetary radio emission,,

Résumé :

Cette étude établit l'occultation par les émissions radio planétaires comme une nouvelle technique de télédétection pour l'étude des ionosphères des lunes glacées, en analysant la manière dont les ondes radio planétaires sont modifiées lors de leur propagation à travers l'ionosphère d'un satellite. La méthode combine un modèle physique de source radio construit avec ExPRES et un cadre de lancer de rayons, et permet de déduire les propriétés ionosphériques en comparant les temps d'occultation simulés et observés. L'application de cette approche aux données Galileo/PWS et Cassini/RPWS a permis la première reconstitution systématique des profils de densité électronique de plusieurs lunes glacées. Pour les lunes de Jupiter, les profils ionosphériques de Ganymède et de Callisto ont été obtenus pour la première fois à partir d'occultations radio. Les densités électroniques de Ganymède présentent une corrélation avec le flux de précipitation du plasma magnétosphérique, tandis que celles de Callisto varient de manière systématique

avec l'angle zénithal solaire (SZA), indiquant que les apports d'énergie externes jouent un rôle essentiel dans la structuration de leurs ionosphères. En utilisant les mesures de polarisation de RPWS, il a été possible de réduire les dégénérescences liées à la localisation des sources radio, améliorant ainsi la précision des estimations et permettant la première dérivation du profil de densité électronique de Titan à partir d'occultations radio. Les densités obtenues montrent une forte dépendance au SZA, ainsi qu'une anticorrélation marquée, sur le côté nuit, avec le flux EUV solaire, suggérant que la photoionisation diurne et les processus photochimiques associés régulent l'apport de précurseurs ioniques transportés vers la nuit. Des simulations tridimensionnelles d'occultation ionosphérique ont également été développées, et la faisabilité de diagnostics basés sur la rotation de Faraday a été évaluée, posant ainsi les bases nécessaires à l'exploitation de cette technique avec les futures observations de JUICE/RPWI. Dans son ensemble, ce travail démontre que les émissions radio planétaires constituent des sondes particulièrement efficaces pour l'étude des ionosphères des lunes glacées, en offrant de nouvelles contraintes observationnelles qui éclairent les recherches futures sur l'environnement de ces corps.

Summary :

This study establishes planetary radio occultation as a new remote-sensing technique for investigating the ionospheric electron density structure of icy moons, by analyzing how planetary radio emissions are modified as they propagate through a moon's ionosphere. The method combines a physically based planetary radio source model with a ray-tracing framework and derives ionospheric properties through comparisons between simulated and observed occultation timings. Applying this approach to Galileo PWS and Cassini RPWS data enabled the systematic retrieval of electron density profiles for multiple icy moons. For Jupiter's moons, ionospheric profiles of Ganymede and Callisto were obtained for the first time from radio occultation. Ganymede's electron densities correlate with the magnetospheric plasma precipitation flux, whereas those at Callisto vary systematically with solar zenith angle (SZA), indicating that external energy inputs play a key role in shaping their ionospheres. Using RPWS polarization measurements, source-location degeneracies were reduced, improving retrieval accuracy and allowing the first derivation of Titan's electron density profile from radio occultation. The retrieved densities exhibit a strong dependence on SZA and a significant nightside anti-correlation with solar EUV flux, suggesting that day-side photoionization and associated photochemistry regulate the supply of ion precursors transported to the nightside. Three-dimensional ionosphere–occultation simulations were further developed, and the feasibility of Faraday-rotation-based diagnostics was examined, providing a foundation for applying this technique to JUICE/RPWI observations and future exploration missions. Overall, this study demonstrates that planetary radio emissions can serve as powerful probes of icy moon ionospheres, offering new observational constraints that inform future studies of icy moon environments.