«DE L'EXOSPHÈRE À LA MAGNÉTOSPHÈRE DES OBJETS PLANÉTAIRES FAIBLEMENT MAGNÉTISÉS : OPTIMISATION DE MODÉLISATIONS PARALLÉLISÉES POUR UNE APPLICATION À GANYMÈDE» PAR LUDIVINE LECLERCQ

Présentée par : Ludivine Leclercq Discipline : Sciences de l'univers Laboratoire : LATMOS

Résumé :
Ganymède, une lune de Jupiter, est le plus grand et le plus massif des satellites de notre système solaire. Cet objet a été observé depuis la Terre, notamment grâce au télescope Hubble (HST), et in situ par la sonde Galileo. Grâce à ces observations, une atmosphère très ténue, ou exosphère, principalement composée d'hydrogène, d'oxygène et d' oxygène moléculaire, a été détectée au voisinage de Ganymède. Ganymède est l'unique lune du système solaire possédant son propre champ magnétique intrinsèque, qui, en interagissant avec le plasma magnétosphérique jovien, génère une mini-magnétosphère. Cette magnétosphère est imbriquée dans celle de Jupiter. C'est le seul cas connu d' interaction entre deux magnétosphères. Galileo est l'une des seules sondes spatiales

ayant investigué l'environnement complexe de Ganymède. La prochaine mission spatiale qui étudiera ce satellite est une mission européenne de l'ESA : JUICE (JUpiter ICy moon Exploration). Dans le cadre de cette mission, et dans un but de mieux connaître ce satellite, mon travail de thèse a consisté à modéliser l'environnement global neutre et ionisé de Ganymède. La première partie de mon travail de thèse a été consacrée à l' étude de l'exosphère de Ganymède à l'aide d'un modèle 3D Monte-Carlo. J'ai parallélisé ce modèle afin d'améliorer ses performances et d'enrichir la physique décrite par le modèle. Les résultats sont comparés à ceux d'autres modèles, ainsi que les observations effectuées par le HST et Galileo. L'environnement ionisé, en particulier la magnétosphère de Ganymède, a été ensuite étudié à l'aide d'un modèle hybride parallèle 3D, notamment en se plaçant dans les conditions d'observations de Ganymède par Galileo. Les résultats sont globalement cohérents avec les observations, et concordent avec ceux d'autres modèles, mais montrent néanmoins une nécessité d'améliorer significativement la résolution spatiale du modèle.
De ce fait, une partie significative de mon travail de thèse a été dédiée au développement et à l'implémentation d'une approche multi-grilles au sein du modèle hybride, pour améliorer la résolution spatiale d'un facteur 2 dans le voisinage proche du satellite. Enfin, les résultats obtenus avec ce modèle optimisé sont confrontés aux observations de Galileo.

Abstract :
Jupiter's moon Ganymede is the biggest and heaviest satellite of our solar system. This object has been observed from the Earth, with the Hubble Space Telescop (HST), and through in situ measurements by Galileo spacecraft. Thanks to these observations, a very tenuous atmosphere, or exosphere, has been detected at Ganymede. It is mainly composed of hydrogen, oxygen, and molecular oxygen. Ganymede is the only moon of the solar system having its own intrinsic magnetic field,
which generates a mini-magnetosphere interacting with the magnetospheric jovian plasma. This magnetosphere is embedded in the jovian magnetosphere. It is the only known case of interaction between two magnetospheres. Galileo is the only mission that has investigated the complex ionized environment of Ganymede. The next space mission dedicated to investigate the Jovian magnetosphere and its galilean satellite is an european mission from ESA : JUICE (JUpiter ICy moon Exploration). In the frame of this mission, and to prepare future observations at Ganymede, my thesis work consists in modeling the global neutral and ionized environment of Ganymede. The first part of my thesis work has been dedicated to the study of Ganymede's exosphere with a 3D Monte-Carlo model. I have parallelized this model to improve its performance and to enrich the physics described by the model. Results have been compared to those of other models,

and to HST and Galileo observations. The ionized environment, in particular the magnetosphere of Ganymede, has then been studied with a 3D parallel hybrid model, considering the observation conditions of Galileo. Results are globally consistent with the observations and other models, but show the necessity to significantly improve the spatial resolution. Therefore, a significant part of my work has been dedicated to the development of a multi-grid approach in the hybrid model, to divide by 2 the spatial resolution at the vicinity of Ganymede’s magnetosphere. Then, results obtained with the optimized model are compared to Galileo observations.