

Proposition de sujet de stage de Master 2

Titre du projet : Dynamique séculaire des objets transneptuniens : détermination du forçage planétaire par double moyennisation et des inclinaisons libres

Nom et coordonnées des responsables du stage :

Jean-Marc Petit, Benoît Noyelles

Institut UTINAM – OSU THETA

41 bis avenue de l'observatoire

25010 Besançon cedex

tel : 03 81 66 69 29 / 03 81 66 69 15

mel : jean-marc.petit@normalesup.org, benoit.noyelles@univ-fcomte.fr

Nature du sujet : Développement analytique et numérique

Contexte et état de l'art :

Dans une vision à court terme, les orbites des planètes et des petits corps du système solaire peuvent être considérées comme des orbites képlériennes elliptiques fixes. Mais cela ne vaut qu'en première approximation et sur une courte échelle de temps. Sur le temps long, de l'ordre de plusieurs millions d'années et plus, les orbites se déforment sous l'effet des perturbations des autres corps du système solaire. Ainsi les éléments orbitaux actuels des petits corps ne nous renseignent pas sur leur origine et évoluent au cours du temps. Le but des études sur les petits corps du système solaire externe (au-delà de Jupiter, et principalement au-delà de Neptune) est de comprendre l'évolution primitive du système solaire et de la position des planètes, et la contribution de ces petits corps à la formation de la Terre. Pour cela, il est important de catégoriser les divers petits corps en fonction de leur origine et leur évolution. Pour ce faire, il est utile de disposer d'un marqueur intrinsèque à chaque objet qui nous renseigne sur son origine. Si on développe analytiquement l'effet des perturbations planétaires autour de l'orbite képlérienne des petits corps, on s'aperçoit que l'évolution correspond à une rotation de l'orbite à une fréquence et avec une amplitude intrinsèque à l'objet, autour d'un forçage planétaire, qui au premier ordre est la somme de plusieurs oscillations définies par les orbites présentes des planètes.

Cette théorie à l'ordre 1 permet une première classification approximative des corps. Malheureusement elle se dégrade rapidement lorsqu'on augmente l'excentricité et l'inclinaison des petits corps. Or seule une faible fraction des petits corps ont une excentricité et une inclinaison très faible. Afin de pallier les inconvénients du calcul purement analytique, nous allons réaliser une moyennisation numérique sur le mouvement orbital à court terme de chaque planète et des petits corps pour améliorer la détermination du forçage et de la partie intrinsèque du mouvement des petits corps. Cela nous permettra d'obtenir une classification des petits corps beaucoup plus discriminante et stable sur le long terme nous permettant ainsi de mieux appréhender les conditions de formation.

Objectifs :

L'objectif du travail proposé est :

- 1) Écriture d'un algorithme de double moyennisation, sur l'orbite planétaire et sur l'orbite de la particule test, pour déterminer l'effet séculaire sur les éléments osculateurs de l'orbite de la particule test
- 2) Programmation de l'algorithme dans un langage compilé (Fortran, C++ ou Julia [JIT])
- 3) Application de l'algorithme à l'ensemble des objets transneptuniens découverts lors du grand relevé OS-SOS
- 4) Une fois le code validé, application aux particules issues de nos simulations pour analyser l'effet séculaire sur chacune d'entre elles

Ce travail pourra se faire avec un langage classique de simulation et calcul haute performance, par exemple Fortran, C, C++ ou Julia. Il nécessitera la réalisation de simulations numériques intensives, impliquant l'utilisation des serveurs de calcul du laboratoire UTINAM.