
Détection d'exoplanètes par la méthode des vitesses radiales via modélisation Bernoulli-Gaussienne et algorithme MCMC

Boudineau Mégane¹, Hervé Carfantan^{*1}, and Michael Bazot²

¹Institut de recherche en astrophysique et planétologie – Université Toulouse III - Paul Sabatier, Observatoire Midi-Pyrénées, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR5277 – France

²Space Science, New York University Abu Dhabi – Émirats arabes unis

Résumé

Le problème de la détection d'exoplanètes à partir de données de vitesses radiales déterminées grâce aux observations spectrométriques depuis le sol est un problème d'actualité. Ce problème de traitement de données est très difficile à cause de la non-linéarité des modèles vis-à-vis des paramètres, du faible nombre de données et de leur échantillonnage temporel irrégulier. De nombreuses méthodes ont été proposées depuis de nombreuses années. En particulier, certaines, parmi les plus performantes, s'appuient sur des Méthodes de Monte-Carlo par Chaîne de Markov (MCMC). Mais le problème reste d'actualité, en particulier en ce qui concerne l'estimation de l'ordre du modèle (nombre d'exoplanètes), mais aussi la prise en compte de l'activité stellaire pouvant parfois être confondue avec une signature planétaire, et enfin pour les méthodes MCMC la nécessité d'informations a priori et de garantir une bonne exploration de l'espace des paramètres. Nous proposons ici une nouvelle méthode s'inspirant de méthodes d'approximation parcimonieuse utilisant un modèle Bernoulli-Gaussien.

L'idée de base est de diviser l'espace de recherche des périodes orbitales des exoplanètes en un certain nombre d'intervalles disjoints et de modéliser par une variable de Bernoulli la présence (variable =1) ou l'absence (variable = 0) d'exoplanètes de période résidant dans chacun des intervalles. Ainsi, le nombre d'exoplanètes correspond simplement au nombre de variables de Bernoulli égales à 1. Bien entendu, sont associés à chaque variable de Bernoulli les autres paramètres orbitaux des exoplanètes (excentricité, etc). Nous proposons un algorithme MCMC particulièrement efficace pour échantillonner la loi a posteriori en les paramètres des exoplanètes et un traitement pertinent des échantillons pour estimer l'ensemble des paramètres, y compris le nombre d'exoplanètes, tout en bénéficiant d'informations supplémentaires apportées par les échantillons (barre d'erreur, corrélation...)

Nous montrons également que nous pouvons prendre en compte par un tel modèle, algorithme et schéma d'estimation, la présence d'activité stellaire, aussi bien sous une forme stochastique de type Processus Gaussiens que sous une forme déterministe comme une combinaison linéaire de données externes.

Nous illustrons le fonctionnement et les résultats d'un tel schéma d'estimation sur des exemples simulés réalistes et sur données réelles.

*Intervenant