

THÈSE DE DOCTORAT

NANTES UNIVERSITE

ÉCOLE DOCTORALE N° 596

Matière, Molécules, Matériaux et Géosciences

Spécialité : « Sciences de la Terre et des Planètes »

Par

Arthur CUVIER

« Nouvelle méthode de localisation d'échantillons non Gaussiens : applications au signal sismique terrestre et martien »

Thèse présentée et soutenue à Nantes, le 18 décembre 2023

Unité de recherche : Laboratoire de Planétologie et Géosciences, UMR CNRS 6112

Rapporteurs avant soutenance :

Helle Anette Pedersen Physicienne CNAP, Université de Grenoble-Alpes
Thomas Bodin Directeur de recherche, Université de Lyon

Composition du Jury :

Président :

Examineurs : Philippe Lognonné Professeur des universités, Université Paris Cité
Anne Philippe Professeur des universités, Nantes Université

Dir. de thèse : Éric Beucler

Professeur des universités, Nantes Université

Co-enc. de thèse : Mickaël Bonnin

Physicien-adjoint CNAP, Nantes Université

Invité

Raphaël Garcia Professeur des universités, Université de Toulouse

Titre : Nouvelle méthode de localisation d'échantillons non Gaussiens : applications au signal sismique terrestre et martien

Mots clés : Sismologie, statistiques, traitement du signal, loi normale

Résumé : Au cours des dernières décennies, un intérêt particulier fut apporté à l'étude du signal sismique continu, se démarquant de l'enjeu primaire et historique de la sismologie, principalement centré autour de la détection d'événements impulsifs associés aux tremblements de terres. L'étude d'un tel signal, communément appelé « bruit sismique » se révèle toutefois riche en informations et témoigne de la présence de phénomènes atmosphériques, de perturbations anthropiques, ou encore d'altérations mécanique locales (glitches).

Dans ce contexte, nous proposons de procéder à l'analyse du signal sismique continu via l'une de ses propriétés remarquable : sa distribution Gaussienne. Afin de répondre à ce besoin, nous présentons dans ce manuscrit la méthode **NG-loc**, une approche statistique originale permettant de localiser les échantillons altérant la distribution Gaussienne d'une série de données. L'utilisation de NG-loc apporte des résultats prometteurs, permettant d'estimer la qualité de n'importe quel signal sismique mais aussi de mettre en lumière les possibles dégradations de ce dernier, affectant certaines stations sur des périodes temporelles, composantes et bande de fréquences spécifiques. De plus, NG-loc permet de détecter tout type de perturbations, dès lors que celle-ci altère la distribution statistique du signal, et s'avère donc sensible à un large panel d'altérations d'origines naturelles ou anthropiques (événements sismiques, passage de machines agricoles,...). Une seconde application de NG-loc est également proposée par l'analyse du signal sismique enregistré sur la planète Mars, lors de la mission spatiale **InSight** (2018-2022), nous permettant de mettre en évidence de fortes fluctuations de sa qualité au cours de la mission. De plus, l'analyse des perturbations détectées par NG-loc via une approche de discrimination par *machine learning* nous permet également de proposer une classification d'un certain type d'altérations, causées par des des tornades de poussières.

Finalement, bien que NG-loc puisse apporter d'intéressantes contributions dans le domaine de la sismologie, nous pensons que cette nouvelle approche peut également trouver son intérêt dans un champ d'application plus large, de par l'analyse de n'importe quel signal, à priori Gaussien.

Title : New method for locating non-Gaussian samples: applications to the terrestrial and martian seismic signal

Keywords : Seismology, statistics, data processing, Gaussian law

Abstract : In recent decades, particular interest has been shown in the study of the continuous seismic signals, moving away from the primary and historical focus of seismology, which was mainly centred on the detection of impulsive events associated with earthquakes. However, the study of such a signal, commonly known as 'seismic noise', is rich in information and reveals the presence of atmospheric phenomena, human disturbances and local mechanical alterations (glitches).

In this context, we propose to analyse the continuous seismic signal via one of its remarkable properties: its Gaussian distribution. To meet this need, we present in this manuscript the NG-loc method, an original statistical approach for locating samples that alter the Gaussian distribution of a series of data. The use of NG-loc yields promising results, making it possible to estimate the quality of any seismic signal but also to highlight possible degradations of the latter, affecting certain stations over specific time periods, components and frequency bands. In addition, NG-loc can detect any type of disturbance that alters the statistical distribution of the signal, and is therefore sensitive to a wide range of alterations of natural or man-made origin (seismic events, passage of agricultural machinery, etc.). A second application of NG-loc is the analysis of the seismic signal recorded on Mars during the InSight space mission (2018-2022), enabling us to highlight significant fluctuations in its quality over the course of the mission. In addition, analysis of the disturbances detected by NG-loc using a machine learning discrimination approach has also enabled us to propose a classification of a certain type of alteration caused by dust devils.

Finally, although NG-loc can provides interesting contributions in the field of seismology, we believe that this new approach can also be of interest in a wider field of application, through the analysis of any signal, a priori Gaussian.