

Avant-propos

Nikolaos LIMNIOS^{1,2}, Eleftheria PAPADIMITRIOU³ et George TSAKLIDIS³

¹ *Laboratoire de mathématiques appliquées, Université de technologie,
Compiègne, France*

² *Sorbonne Université, Paris, France*

³ *Université Aristote de Thessalonique, Thessalonique, Grèce*

L'étude des séismes est un domaine multidisciplinaire où la géodynamique rencontre les mathématiques, l'ingénierie, etc. Dans ces approches, le caractère aléatoire est présent de manière naturelle.

Les études stochastiques (modélisation probabiliste, processus stochastiques et statistiques) peuvent être de différents types : boîte noire (un état), boîte blanche (système à plusieurs états), simulation de différents aspects, etc.

L'un des aspects remarquable de cet ouvrage multi-auteur est qu'il présente les recherches d'auteurs provenant de différentes institutions dans le monde et connus pour leurs approches spécifiques aux séismes.

Cet ouvrage présente des méthodes statistiques paramétriques et non paramétriques, des approches des systèmes multi-états, des simulateurs de séismes, des modèles d'activité post-sismique, des modèles ETAS de type branchement, des modèles de Markov de séries temporelles avec régression, des propriétés d'échelle et des approches multifractales, des modèles autocorrectifs, des modèles de libération des contraintes liées, des modèles d'arrivées markoviens, des techniques de détection basées sur les modèles de Poisson, des techniques de détection des points de changement sur les modèles de sismicité et, enfin, des modèles semi-markoviens pour la prévision des séismes.

L'ouvrage est organisé comme suit.

Le [chapitre 1](#), rédigé par Stanisław Lasocki, traite de l'estimation non paramétrique de la fonction de densité, en particulier de la bien connue estimation de la densité par noyau. L'approche non paramétrique est maintenant une méthode bien établie en théorie statistique et, compte tenu du fait qu'il existe d'importantes collections de données sismiques, elle est importante, et ses applications en sismologie statistique sont naturelles. L'estimation de la densité par noyau est une estimation sans modèle des fonctions de probabilité de variables aléatoires continues. L'estimation est réalisée uniquement à partir de données d'échantillons.

Le [chapitre 2](#), rédigé par Rodolfo Console et Roberto Carluccio, traite du développement et des applications des simulateurs de séismes. Ce chapitre examine en particulier les concepts sur lesquels les simulateurs de séismes ont été construits et donne des exemples d'applications de ces simulateurs à des systèmes de failles réels, en les comparant à la sismicité observée. On donne un exemple de l'application d'un simulateur au système de faille méga-poussée de Nankai, avec un accent particulier sur l'étude de l'évolution des contraintes sur la surface de la faille pendant de nombreux cycles de séismes répétés.

Le [chapitre 3](#), rédigé par Peter Shebalin et Sergey Baranov, traite des lois statistiques de l'activité post-sismique. En particulier, ce chapitre aborde le modèle ETAS (un modèle de type branchement avec deux lois exponentielles empiriques) qui est largement utilisé en sismologie pour décrire les caractéristiques d'essaim (*cluster*) du processus sismique, et la mesure dans laquelle ce modèle permet d'expliquer la génération de secousses préliminaires et la loi de Bâth. Les auteurs commentent également les résultats de recherche déjà publiés.

Le [chapitre 4](#), rédigé par Jiancang Zhuang, traite du modèle ETAS (évoqué ci-avant). En se basant sur celui-ci, ce chapitre montre que la distribution de la magnitude du plus grand descendant d'un événement donné détermine les probabilités de secousses préliminaires et déduit la loi de Bâth de la forme asymptotique de cette distribution de la magnitude, les deux étant proches des valeurs des données réelles de sismicité. L'auteur commente également certains résultats de travaux antérieurs.

Le [chapitre 5](#), rédigé par Eugenio Lippiello, Giuseppe Petrillo, François Landes et Alberto Rosso, traite de la genèse des répliques dans les modèles masse-ressort. Il passe en revue les principales hypothèses et étapes analytiques proposées pour expliquer le comportement temporel des répliques, tant en termes de friction dépendant du temps que de la dynamique post-glissement. Dans une dernière étape sont analysées les manières dont les deux approches peuvent être combinées. Les deux modèles sont présentés schématiquement dans les figures du chapitre. Y sont soulignées les analogies mathématiques

entre les deux interprétations, et en même temps leurs implications physiques très différentes. Les deux descriptions sont illustrées dans un modèle avec deux blocs, avec une rhéologie différente interagissant entre eux.

Le **chapitre 6**, rédigé par Dimitris Karlis et Katerina Orfanogiannaki, traite des modèles de régression de Markov pour les séries chronologiques de comptage de séismes. Les modèles de Markov et les modèles de Markov cachés offrent une interprétation très élégante. Chaque état représente un niveau de sismicité différent, on peut donc considérer les probabilités de transition comme des estimations du passage d'un état à un autre, avec l'augmentation/diminution de la sismicité correspondante. Dans les modèles de régression de Markov, les probabilités de transition changent avec le temps en fonction de variables supplémentaires. Les différentes variables ont un effet différent sur les probabilités de transition. Cette propriété du modèle de régression de Markov donne ainsi un aperçu du mécanisme sous-jacent aux changements d'état. Ce mécanisme possède des interprétations physiques, puisque les probabilités de transition sont directement liées, par régression, à des quantités physiques telles que la magnitude des séismes.

Le **chapitre 7**, rédigé par Georgios Michas et Filippos Vallianatos, traite des propriétés d'échelle, de la multifractalité et d'une série de corrélations dans les séries chronologiques de séismes. Les auteurs fournissent une mini-révision de certaines des propriétés collectives des populations de séismes dans le domaine temporel, et sur la base de ces propriétés, ils discutent de la question de savoir si les séismes se produisent de manière aléatoire dans le temps ou non. Ce sujet est très important pour la physique des séismes et, en fin de compte, pour la prédictibilité des séismes. Leur approche est basée sur la physique statistique des tremblements de terre qui vise à élucider les mécanismes physiques généraux de la sismogenèse, qui produisent les propriétés collectives des populations de tremblements de terre qui sont observées empiriquement dans la nature. L'occurrence d'un tremblement de terre est modélisée par un processus ponctuel dans l'espace et le temps, marqué par la magnitude de l'événement et l'étude des propriétés de corrélation de la suite de temps d'attente entre événements successifs.

Le **chapitre 8**, rédigé par Ourania Mangira, Eleftheria Papadimitriou, Georgios Vasilidis et George Tsaklidis, traite des modèles probabilistes autocorrectifs en sismologie. Le modèle de relâchement des contraintes (SRM) qui appartient à cette catégorie considère que la contrainte élastique est accumulée en raison d'une charge tectonique lente, qui est soudainement relâchée lorsqu'elle dépasse la résistance d'une faille, pendant un tremblement de terre. La situation réelle est plus compliquée, et pour cette raison, des versions améliorées du modèle ont été développées, comme le modèle LSRM (modèle de relâchement des contraintes connexe), où l'interaction entre différentes sous-zones est permise par le transfert de contraintes, et le modèle ISRM (modèle de relâchement des contraintes indépendant), où la zone d'étude est divisée en plus petites parties indépendantes sans interaction. Ils présentent, discutent et interprètent les résultats des applications du modèle dans certaines régions de Grèce.

Le [chapitre 9](#), rédigé par Polyzois Bountzis, Eleftheria Papadimitriou et George Tsaklidis, traite des processus d'arrivée markoviens pour l'analyse des essais de séismes. Les variations temporelles du taux de sismicité dans certaines zones sont considérées comme la manifestation du mécanisme physique sous-jacent au comportement de la sismicité, qui présente des périodes d'excitation (essais) et des périodes de quiescence relative (sismicité de fond). La méthode utilisée à cet effet est basée sur l'application d'un processus stochastique ponctuel à deux variables, le processus d'arrivée markovien (MAP), $(N_t, J_t)_{t \in \mathbb{R}^+}$, dont la fonction d'intensité, λ_t , est modulée par le processus de Markov latent, J_t . Les états cachés de ce dernier correspondent à des taux d'occurrence distincts du processus de comptage, N_t , ce qui permet de modéliser les changements du taux de sismicité.

Le [chapitre 10](#), rédigé par Rodi Lykou et George Tsaklidis, traite des techniques de détection des points de changement sur les modèles de sismicité. Ils présentent les techniques de détection du processus de Poisson, du modèle ETAS et de la loi de GR, et suggèrent des approches pour les changements de taux de sismicité, couvrant les tests paramétriques et non paramétriques et les approches dépourvues de tests d'hypothèses statistiques. La détection des changements dans les taux de sismicité a été combinée avec l'utilisation de modèles de prévision probabilistes et d'études simultanées dans le domaine des champs de contraintes et de l'espace. Elle constitue un outil puissant pour la résolution de problèmes de non-stationnarité conduisant à des résultats prometteurs pour le mécanisme sous-jacent de la sismogenèse.

Le [chapitre 11](#), rédigé par Vlad Stefan Barbu, Alex Karagrignoriou et Andreas Makrides, traite des processus semi-markoviens pour la prévision des séismes. En particulier, les auteurs proposent une approche différente de la prévision des tremblements de terre en utilisant un type spécial de processus semi-markoviens. Les zones sismiques sont considérées comme les états d'un processus semi-markovien et une méthodologie est employée pour estimer les probabilités de transition des événements sismiques d'une zone sismique spécifique à une autre. Les temps de séjour dans un certain état appartiennent à une classe générale de distributions présentant l'avantage d'être fermée sous les minima et comprenant diverses distributions continues comme la distribution exponentielle, Weibull, Pareto, Rayleigh et l'exponentielle tronquée d'Erlang.

Nous sommes reconnaissants à tous les auteurs pour leur excellente collaboration et également au personnel technique d'ISTE Editions pour son support très appréciable et efficace.