

Appel à candidature pour contrat de thèse académique  
**Thèse de mathématiques appliquées (26ème section)**  
Directeur de thèse : Yacouba Boubacar Mainassara  
Yacouba.BoubacarMainassara@uphf.fr  
Co-encadrant : Lucas Reding  
Lucas.Reding@uphf.fr

**Sujet : Modèles ARMA spatio-temporels avec erreur dépendante**

**Début prévu du contrat de thèse : septembre / octobre 2024**

ÉQUIPE D'ACCUEIL.

- ◇ Le CERAMATHS (Laboratoire de Matériaux Céramiques et de Mathématiques) est une composante de recherche de l'Université Polytechnique Hauts-de-France (UPHF), F-59313 Valenciennes, France. Y sont développés des recherches fondamentales et appliquées en mathématiques et en sciences des matériaux céramiques dans ses domaines d'excellence mais aussi dans de nombreux domaines transverses et collaboratifs avec des partenaires nationaux et internationaux. La thèse se déroulera à Valenciennes.
- ◇ L'École Doctorale Polytechnique Hauts-de-France est pilotée par l'UPHF, co-accréditée avec l'Institut National des Sciences Appliquées Hauts-de-France (INSA HdF) et associée à l'Institut Catholique de Lille (ICL). Elle rassemble un potentiel de plus de 500 Enseignants-Chercheurs répartis dans 9 laboratoires d'accueil pour environ 280 doctorants et environ 45 thèses soutenues annuellement.

DESCRIPTION. En statistique, l'étude des séries temporelles constitue un axe majeur de recherche pour lequel un très grand nombre de résultats mathématiques ont été obtenus au cours de nombreuses décennies de recherche et des innombrables publications qui en ont découlé. Objet d'une moindre attention, la dépendance spatiale représente pourtant un thème important des séries statistiques lorsque les données sont localisées dans l'espace géographique. De telles données apparaissant régulièrement en économie, en environnement, en géologie, en météorologie, en océanographie, en santé, en théorie du signal, et dans de nombreux autres domaines. La mise en place de modèles prenant en compte à la fois les dépendances temporelles mais aussi

spatiales est donc capitale ; en particulier dès lors que l'on souhaite réaliser des prévisions précises (voir par exemple [8, 9]). Qui plus est, les données considérées peuvent souvent contenir des dépendances spatio-temporelles qui ne sont pas forcément linéaires. La classe des dépendances spatio-temporelles offre ainsi une très grande variété de modèle statistique permettant l'étude d'un large éventail de phénomènes dans de nombreux domaines des sciences.

Parmi la grande diversité des modèles ARMA (Autoregressive Moving Average) spatio-temporels à temps et espace discrets, on distingue, et on oppose parfois, les modèles linéaires et les modèles non linéaires. En réalité ces deux classes de modèles ne sont pas incompatibles et peuvent même être complémentaires. Les fervents partisans des modèles non linéaires, ou de la prévision non paramétrique, reprochent souvent aux modèles linéaires d'être trop restrictifs, de ne convenir qu'à un petit nombre de séries. Ceci est surtout vrai si on suppose, comme on le fait habituellement, des hypothèses fortes i.i.d. (i.e. indépendantes et identiquement distribuées) sur le bruit qui intervient dans l'écriture de ces modèles et, qui en limitent leur généralité. Il existe de nombreuses situations dans la pratique pour lesquelles l'hypothèse i.i.d. gaussienne n'est pas vérifiée. Nous allons donc relâcher cette hypothèse d'indépendance afin de permettre à cette classe de modèles de couvrir une large classe de processus spatio-temporels non linéaires.

Les modèles ARMA spatio-temporels avec un bruit présentant une dépendance (non corrélé mais non nécessairement indépendant) est une thématique qui est en train de devenir de plus en plus importante au vu des nombreuses potentielles applications dans différents domaines de recherche ; on pourra citer, entre autres, l'économétrie, la géologie, la météorologie, la théorie du signal, l'environnement, l'océanographie et encore bien d'autres exemples. Les travaux existants sont, pour l'heure, très nombreux mais limités uniquement aux modèles ARMA spatio-temporels avec des erreurs i.i.d. (voir par exemple [8, 9]). L'étude des ARMA spatio-temporels avec un bruit non corrélé mais non nécessairement indépendant aura donc des conséquences importantes pour l'analyse de certaines séries spatio-temporelles pour lesquelles l'hypothèse d'erreurs i.i.d. est mal adaptée.

TRAVAUX EXISTANTS. Les travaux consacrés à l'analyse statistique des modèles ARMA spatio-temporels avec un bruit non corrélé mais non nécessai-

rement indépendant sont pour l'heure limités uniquement au cadre de la dépendance temporelle (voir par exemple : [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7], pour ne citer que ceux-ci).

**OBJECTIFS.** L'objectif principal de la thèse sera d'étudier dans quelle mesure ces travaux peuvent s'étendre au cas des modèles ARMA spatio-temporels avec un bruit non corrélé mais non nécessairement indépendant.

Nous attendons de cette thèse un apport théorique important. Une partie conséquente de la thèse devra également être consacrée aux applications. En effet, les logiciels de prévision existants ne conviennent pas aux modèles ARMA spatio-temporels avec un bruit présentant une dépendance. Il faudra donc déterminer comment adapter les sorties des logiciels.

**CONTEXTE DE LA THÈSE.** La thèse sera co-encadrée par Yacouba Boubacar Maïnassara (Professeur des Universités en Statistique à l'UPHF, au CERAMATHS, directeur de thèse ; Yacouba.BoubacarMainassara@uphf.fr) et Lucas Reding (Maître de conférences en Statistique, au CERAMATHS, co-encadrant ; Lucas.Reding@uphf.fr).

**Connaissances et compétences requises :**

Le cadre de ce doctorat fournira à l'étudiant l'opportunité de se former et de se spécialiser dans les domaines de la statistique mathématique. Ce projet s'adresse aux étudiants en Master 2 de Mathématiques (Probabilités-Statistique de préférence) ou l'ayant obtenu. Des connaissances en séries temporelles et / ou en statistique spatiale et / ou en programmation seront particulièrement appréciés. D'autre part, nous cherchons un candidat motivé et sachant faire preuve d'autonomie.

Les candidat(e)s intéressé(e)s devront prendre contact par courriel et envoyer à Yacouba.BoubacarMainassara@uphf.fr et Lucas.Reding@uphf.fr

- ◇ un CV
- ◇ une lettre de motivation
- ◇ un relevé de notes de Master avant le **\*dimanche 16 juin 2024\***.

L'étude des dossiers de candidature soumis au-delà de cette date ne sera pas garantie.

[1] BOUBACAR MAÏNASSARA, Y. Multivariate portmanteau test for structural VARMA models with uncorrelated but non-independent error

- terms. *Journal of Statistical Planning and Inference*, **141**, 2961–2975, 2011.
- [2] BOUBACAR MAÏNASSARA, Y. Selection of weak VARMA models by modified Akaike’s information criteria. *Journal of Time Series Analysis*, **33**, 121–130, 2012.
- [3] BOUBACAR MAÏNASSARA, Y. and FRANCO, C. Estimating structural VARMA models with uncorrelated but non-independent error terms. *Journal of Multivariate Analysis*, **102**, 496–505, 2011.
- [4] BOUBACAR MAÏNASSARA, Y. and SAUSSEREAU, B. Diagnostic checking in multivariate ARMA models with dependent errors using normalized residual autocorrelations. *Journal of the American Statistical Association*, **113** :524, 1813–1827, 2018.
- [5] FRANCO, C., ROY, R. and ZAKOÏAN, J-M. Goodness-of-fit tests for ARMA models with uncorrelated errors. *J. Amer. Statist. Assoc.*, **100**, 532–544, 2005.
- [6] FRANCO, C. and ZAKOÏAN, J-M. Estimating linear representations of nonlinear processes. *Journal of Statistical Planning and Inference*, **68**, 145–165, 1998.
- [7] FRANCO, C. and ZAKOÏAN, J-M. Franco, C. and Zakoïan, J.-M. Recent results for linear time series models with non independent innovations. In *Statistical modeling and analysis for complex data problems*, volume **1** of *GERAD 25th Anniv. Ser.*, 241–265, 2005. Springer, New York.
- [8] MA, C. Spatial autoregression and related spatio-temporal models. *Journal of Multivariate Analysis*, Vol 88, no 1, 152-162, 2004.
- [9] YAO, QIWEI and BROCKWELL, PETER J Gaussian maximum likelihood estimation for ARMA models II : spatial processes. *Bernoulli*. **12** (3), 403–429, 2006.