



PSL



## Postdoc : Mines Paris – PSL et ANDRA

# **Modélisation statistique des données spatio-temporelles distribuées sur des surfaces: Application au suivi des alvéoles de stockage de déchets nucléaires**

*Ce projet de recherche est motivé par une collaboration entre l'équipe de [Géostatistique](#) du centre de Géosciences de Mines Paris – PSL et l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs ([ANDRA](#)), dans le cadre de la chaire Geolearning (<https://chaire-geolearning.org>). L'objectif de la chaire est de développer des méthodes en géostatistique, en théorie des événements extrêmes et en apprentissage automatique pour l'analyse des données au service de la transition climatique.*

### **Contexte et objectifs**

Depuis plus de 25 ans, l'ANDRA poursuit des recherches pour le projet Cigéo, le centre industriel de stockage géologique français destiné à stocker les déchets radioactifs de haute activité (HA) et de moyenne activité à vie longue (MAVL). Situé à 500 mètres de profondeur dans les argilites du Callovo-Oxfordien (COX), Cigéo vise à accueillir les déchets provenant des installations nucléaires françaises actuelles et du traitement des combustibles usés des centrales nucléaires. La stratégie de surveillance de l'installation inclut la comparaison de données in situ (capteurs) avec des simulations numériques prédictives ; l'objectif étant de s'assurer que le stockage reste bien dans le domaine de fonctionnement attendu. La conception de l'installation souterraine de Cigéo repose sur des grands principes directeurs, et notamment celui de la surveillance d'ouvrages témoins permettant de remonter au fonctionnement global d'ouvrages de même type. Ces ouvrages témoins sont équipés de nombreux dispositifs de surveillance, limitant la nécessité de positionner de grandes quantités de capteurs dans tous les ouvrages de même type.

Dans le cadre de ce projet de post-doctorat, nous nous intéressons aux alvéoles destinés au stockage de déchets Haute-Activité (HA). L'objectif est de proposer des méthodes permettant d'estimer des champs de température et de déformation d'un groupe d'alvéoles HA, comprenant des alvéoles abondamment équipés en capteurs et d'autres avec un nombre limité de capteurs. En utilisant des données capteurs synthétiques (c.-à-d. générées à partir de démonstrateurs mis en œuvre au Laboratoire souterrain de Meuse/Haute-Marne), le défi scientifique consiste à développer des algorithmes géostatistiques capables de reconstruire de manière fiable et détaillée les conditions thermiques et mécaniques en tous points du chemisage des alvéoles et dans le temps (le chemisage des alvéoles HA étant de forme cylindrique).

## Objectifs de recherche

Le but du projet est de développer des méthodes statistiques d'interpolation et de prédiction de données spatio-temporelles distribuées sur des surfaces. Ces méthodes seront appliquées aux données de capteurs de température et de déformation placés en certains points de la surface d'un alvéole afin d'en suivre l'évolution. Les méthodes développées devront permettre de remplir quatre principaux objectifs :

- Prendre en compte les corrélations spatiales et temporelles observées dans les données.
- Permettre de reconstruire des champs de température et de déformation définis sur toute la surface d'un alvéole, d'en prédire l'évolution future, et de fournir des moyens de quantifier l'incertitude de ces prédictions.
- Identifier et modéliser les liens entre champs de température et de déformation pour un alvéole donné et entre plusieurs alvéoles, afin de proposer des méthodes multivariées de reconstruction (et d'inférence) de ces champs.
- Être robustes vis-à-vis de données manquantes (provenant par exemple de pannes de certains capteurs) et permettre d'identifier de potentielles dérives de certains capteurs.

Partant d'une approche géostatistique du problème, un point de départ identifié pour le projet est l'approche dite « SPDE », selon laquelle les données observées sont modélisées comme des échantillons d'un champ gaussien défini comme la solution d'une équation aux dérivées partielles stochastique (cf. [2]). Cette approche a permis le développement de méthodes efficaces d'inférence de champs gaussiens non-stationnaires, définis sur des surfaces (cf. par exemple [3]) et même spatio-temporels (cf. par exemple [1]). Un des objectifs du projet sera donc d'adapter ces méthodes au cas de la modélisation de champs spatio-temporels définis sur des surfaces ouvertes (comme les alvéoles).

## Profil du candidat

- Docteur(e) en statistiques, apprentissage statistique, ou mathématiques appliquées.
- Appétence pour les sujets entre théorie (modélisation statistique, mathématique et/ou physique) et pratique (développement d'algorithmes numériques permettant de répondre au problème).
- Maîtrise de Python et/ou R.

## Informations complémentaires

La personne recrutée sera intégrée à l'équipe de Géostatistique du centre de Géosciences de Mines Paris – PSL (Fontainebleau, 77) et pourra effectuer des séjours sur le site de l'ANDRA (Châtenay-Malabry, 92). Elle sera supervisée par Mike Pereira, au sein de l'équipe de Géostatistique, et par Julien Cotton au sein de l'ANDRA.

- Date de début envisagée : À partir de Février 2024
- Durée : 24 mois
- Salaire : Entre 2640€ et 3340€ brut (selon l'expérience)
- Possibilité de participer aux enseignements dispensés aux élèves-ingénieurs de Mines Paris – PSL



## Comment postuler ?

Envoyer, un CV, une lettre de motivation ainsi que les coordonnées de deux références aux adresses:

[mike.pereira@minesparis.psl.eu](mailto:mike.pereira@minesparis.psl.eu) et [julien.cotton@andra.fr](mailto:julien.cotton@andra.fr)

## Pour plus d'informations

N'hésitez pas à nous écrire :

- Mike Pereira, Mines Paris – PSL : [mike.pereira@minesparis.psl.eu](mailto:mike.pereira@minesparis.psl.eu)
- Julien Cotton, ANDRA : [julien.cotton@andra.fr](mailto:julien.cotton@andra.fr)

Vous pouvez aussi consulter le document suivant pour des informations complémentaires sur le sujet proposé: <https://mike-pereira.github.io/files/postdoc-andra.pdf>

## Références

- (1) Clarotto, L., Allard, D., Romary, T., & Desassis, N. (2022). The SPDE approach for spatio-temporal datasets with advection and diffusion. *arXiv preprint arXiv:2208.14015*.
- (2) Lindgren, F., Bolin, D., & Rue, H. (2022). The SPDE approach for Gaussian and non-Gaussian fields: 10 years and still running. *Spatial Statistics*, 50, 100599.
- (3) Pereira, M., Desassis, N., & Allard, D. (2022). Geostatistics for Large Datasets on Riemannian Manifolds: A Matrix-Free Approach. *Journal of Data Science*, 20(4), 512-532.