

Modèles Auto-associatifs pour la Dispersion de Polluants dans l'Atmosphère

Post-doctorat 12 mois



Contexte

La prise de décisions face à des rejets de substances dangereuses ou polluantes dans l'atmosphère s'appuie de plus en plus sur la simulation numérique. Des modèles de dispersion atmosphérique permettent de prédire la répartition spatiale des polluants à partir de prévisions des conditions météorologiques et de la dynamique d'émission (le « terme source »). Ces simulations sont très incertaines car la complexité des phénomènes à l'œuvre échappe à une description mathématique parfaitement fidèle, et parce que les données d'entrée sont elles mêmes incertaines. À titre d'exemple, un incendie s'est déclenché dans l'usine Lubrizol près de Rouen le 26 septembre 2019, entraînant des rejets importants mais mal caractérisés dans l'atmosphère. Les divergences entre les discours des différentes parties prenantes illustrent bien les incertitudes inhérentes à ce type d'accident.

Objectif

L'objectif général de ce projet est de développer une méthode de prévision de la dispersion de polluants dans l'atmosphère. Plus précisément, il s'agit de fournir aux décideurs en un temps limité une carte des probabilités de dépassement d'un seuil critique de concentration (figure 1). Or les simulations numériques sont coûteuse en temps, ce qui limite la précision des estimateurs traditionnels. Par ailleurs, les entrées et sorties des modèles physiques (séries temporelles et cartes) sont de grande dimension.

L'approche envisagée consiste à construire une approximation du modèle physique en utilisant des modèles Auto-Associatifs (AA) pour contourner la difficulté liée à la grande dimension des entrées et sorties. Les modèles AA sont une extension non-linéaire de l'Analyse en Composantes Principales (ACP) basée sur des approximations successives d'ensemble de points par des variétés différentiables de dimension croissante [3]. Des essais préliminaires ont montré que les modèles AA (introduits et étudiés dans [1,2,3]) permettent de réduire la dimension de manière beaucoup plus pertinente que l'ACP. Des constatations similaires ont été relevées dans le domaine de la vision par ordinateur [4]. Dans un article plus récent [5], les modèles AA étendent l'ACP probabiliste [6]. Ils bénéficient de nombreuses propriétés théoriques et offrent donc un cadre rigoureux pour la réduction de dimension.

De premiers résultats encourageants dans le contexte particulier de la dispersion atmosphérique ont été déjà obtenus et serviront de point de départ [7,8].

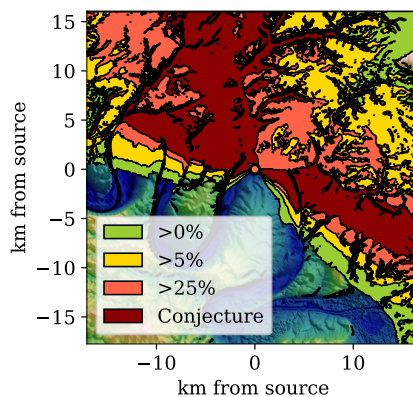


Figure 1: Carte de probabilités estimées de dépassement d'un seuil donné. L'aplatissement rouge sombre correspond à la zone de dépassement prédite par la simulation de référence, seule disponible dans un cadre purement déterministe.

Profil recherché

Le candidat est titulaire d'un doctorat en mathématique. Il maîtrise les notions fondamentales de probabilité et statistique. Il s'intéresse à l'ingénierie et cherche à accroître sa culture scientifique et industrielle. Il n'est pas rebuté par l'informatique scientifique et la programmation.

- Compétences requises :
 - bon niveau en mathématique
 - connaissances en probabilité et statistique
 - connaissance du système d'exploitation Linux
 - maîtrise du langage Python

Partenaires du projet

- Stéphane Girard est Directeur de Recherche dans l'équipe Mistis, au centre Inria de Grenoble. Ses thèmes de recherche incluent l'apprentissage statistique en grande dimension (régression, classification) ainsi que la statistique des valeurs extrêmes pour l'analyse du risque.
- Serge Iovleff est membre de l'équipe MODAL au centre Inria de Lille, Maître de conférence à l'université de Lille et à partir de septembre 2019 à l'UTBM.
- La société Phimeca Engineering est un bureau d'étude et une société de conseil scientifique pour l'industrie, spécialisée dans la simulation numérique et l'analyse de données, avec des domaines d'applications diversifiés : énergie, aéronautique et espace, transport, environnement etc. Phimeca emploie une trentaine d'ingénieurs docteurs répartis entre ses bureaux de Paris et Clermont-Ferrand. Les deux personnes impliquées dans le projet, Sylvain Girard et Raphaël Périllat, sont spécialistes de la modélisation des incertitudes des modèles de dispersion atmosphériques à diverses échelles [9,10,11,12,13].

Candidature

Le poste est localisé dans les bureaux de Phimeca au 18 boulevard de Reuilly à Paris.

Le salaire indicatif net est de 2300 €.

Candidature à envoyer à

Sylvain Girard
 01 58 51 03 75
 girard@phimeca.com

Bibliographie

- [1] Stéphane Girard & S. Iovleff. “Auto-associative models, nonlinear Principal component analysis, manifolds and projection pursuit” In A. Gorban et al, editors, *Principal Manifolds for Data Visualisation and Dimension Reduction*, volume 28, p. 205-222, LNCSE, Springer-Verlag, 2007.
- [2] Stéphane Girard & S. Iovleff. *Auto-Associative Models and Generalized Principal Component Analysis*, *Journal of Multivariate Analysis*, 93(1):21-39, 2005.
- [3] Stéphane Girard. A nonlinear PCA based on manifold approximation, *Computational Statistics*, 15(2):145-167, 2000.
- [4] B. Chalmond & S. Girard. Nonlinear modeling of scattered multivariate data and its application to shape change, *IEEE Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 21(5):422-432, 1999.
- [5] S. Iovleff. Probabilistic auto-associative models and semi-linear PCA, *Advances in Data Analysis and Classification*, 9(3):267-286, 2015.
- [6] M. E. Tipping and C. M. Bishop. Probabilistic principal component analysis, *Journal of the Royal Statistical Society, Ser. B*, 3(61):611-622, 1999.
- [7] Dong, Ruiwen and Sylvain Girard [supervisor] (2019). ‘Approximation of sets of spatial maps with auto-autoassociative models’. MA thesis. École Polytechnique.
- [8] Girard, Sylvain, Patrick Armand, Christophe Duchenne and Thierry Yalamas (2019). ‘Generalized perturbation scheme for uncertainty propagation in atmospheric dispersion simulations’. In: 19th International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes, HARMO19. Bruges, Belgium.
- [9] Girard, Sylvain, Irène Korsakissok and Vivien Mallet (2014). ‘Screening sensitivity analysis of a radionuclides atmospheric dispersion model applied to the Fukushima disaster’. In: *Atmospheric Environment* 95.0, pp. 490–500. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.07.010>. url: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231014005317>.
- [10] Girard, Sylvain, Vivien Mallet, Irène Korsakissok and Anne Mathieu (2016). ‘Emulation and Sobol’ sensitivity analysis of an atmospheric dispersion model applied to the Fukushima nuclear accident’. In: *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*. doi: 10.1002/2015jd023993. url: <http://dx.doi.org/10.1002/2015JD023993>.
- [11] Kajino, Mizuo et al. (2018). ‘Lessons learned from atmospheric modeling studies after the Fukushima nuclear accident: Ensemble simulations, data assimilation, elemental process modeling, and inverse modeling’. In: *Geochemical Journal* 52.2, pp. 85–101. doi: 10.2343/geochemj.2.0503. url: <https://doi.org/10.2343/geochemj.2.0503>.
- [12] Le, Ngoc Bao Tran et al. (2018). ‘Metamodeling and optimization of probabilistic scores for long-range atmospheric dispersion applied to the Fukushima nuclear disaster’. In: *EGU General Assembly Conference Abstracts*. Vol. 20, p. 17209.
- [13] Mallet, Vivien et al. (2018). ‘Meta-modeling of ADMS-Urban by dimension reduction and emulation’. In: *Atmospheric Environment* 184, pp. 37–46. doi: 10.1016/j.atmosenv.2018.04.009. url: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2018.04.009>.