

OFFRE D'EMPLOI – STAGE

Analyse et optimisation d'opérateurs de transfert pour l'estimation multiniveau de l'espérance de champs discrétisés pour des applications en géosciences.

INFORMATIONS DE L'OFFRE

Référence : ALGO-2025-PMK-001

Lieu : 42 Avenue Gaspard Coriolis – 31057 Toulouse

Equipe : ALGO

Encadrants :

- Paul Mycek, Selime Gürol (Cerfacs)
- Ehouarn Simon (IRIT)
- **NB** : Le stage se déroulera sur les deux sites, d'abord au Cerfacs puis à l'IRIT, avec une pause de 4 semaines pendant l'été due à la fermeture administrative de l'IRIT.

Gratification : 700€ net par mois - niveau M2 ou dernière année école d'ingénieur

Période : 6 mois - à partir du : 03/02/2025

Mots-clés : Estimation statistique, méthode multiniveau, optimisation, analyse numérique, géosciences

LE CERFACS

Le Cerfacs est un centre privé de recherche, de développement, de transfert et de formation en modélisation, simulation et calcul haute performance. Le Cerfacs conçoit, développe et propose des méthodes et solutions logicielles innovantes répondant aux besoins de ses associés dans les domaines de l'aéronautique, du spatial, du climat, de l'environnement et de l'énergie. Le Cerfacs forme des étudiants, des chercheurs et des ingénieurs dans le domaine de la simulation et du calcul haute performance.

Le Cerfacs travaille en forte interaction avec ses sept associés : [Airbus](#), [Cnes](#), [EDF](#), [Météo France](#), [Onera](#), [Safran](#) et [TotalEnergies](#).



L'EQUIPE D'ACCUEIL - ALGO

L'équipe Algo mène des recherches sur les principes fondamentaux de la simulation à haute performance. Cela inclut un large éventail de sujets en mathématiques appliquées, tels que les algorithmes scalables en algèbre linéaire numérique, les algorithmes itératifs et directs pour les grands systèmes linéaires, les nouvelles méthodes pour résoudre les équations différentielles partielles, l'assimilation de données, l'optimisation, la quantification de l'incertitude et l'apprentissage automatique scientifique.

CONTEXTE

Les méthodes multiniveaux, telles que le Multilevel Monte Carlo (MLMC) [1], sont des outils puissants dans un contexte de **simulation numérique** pour réduire le coût d'**estimation de statistiques** tout en maintenant une précision élevée. Historiquement, ces méthodes ont été conçues pour estimer l'espérance de **quantités scalaires**. Cependant, des travaux récents s'intéressent à leur extension à des configurations plus complexes intervenant dans des applications en **géosciences**, notamment l'estimation de l'espérance d'un **champ discrétisé**, correspondant à la sortie d'un simulateur numérique dont l'entrée est également un champ discrétisé [2].

Dans ce cadre, une difficulté majeure réside dans les effets indésirables (pollution spectrale) liés aux opérateurs de transfert entre les grilles de différents niveaux (restriction et prolongation) qui peuvent compromettre la qualité de l'estimation. Nous avons récemment proposé **l'utilisation de filtres** atténuant les hautes fréquences, avant et après application des opérateurs de transfert [2]. Ce mécanisme s'inspire des techniques de lissage des méthodes multigrilles et ouvre de nouvelles perspectives pour améliorer l'efficacité des méthodes multiniveaux. Malgré ces progrès, des questions restent ouvertes, notamment sur le **choix optimal** des opérateurs de transfert et de filtrage. Afin d'améliorer cette approche, nous proposons dans ce **stage de recherche** à la fois d'étudier les propriétés théoriques des opérateurs de transfert et de filtrage, et d'examiner leur impact au travers d'expériences numériques. Des idées prometteuses, telles que la composition de **filtres spectraux** avec des opérateurs de restriction et/ou l'extension des méthodes Multilevel Best Linear Unbiased Estimator (MLBLUE) [3, 4] pour proposer des opérateurs de prolongation optimaux, feront partie des pistes explorées dans le stage.

Références :

- [1] Giles, M.B. (2008) 'Multilevel Monte Carlo Path Simulation', *Operations Research*, 56(3), pp. 607–617. Open-access version: https://people.maths.ox.ac.uk/gilesm/files/OPRE_2008.pdf.
- [2] Briant, J. et al. (2023) 'A filtered multilevel Monte Carlo method for estimating the expectation of discretized random fields'. arXiv. Available at: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2311.06069>.
- [3] Schaden, D. and Ullmann, E. (2020) 'On Multilevel Best Linear Unbiased Estimators', *SIAM/ASA Journal on Uncertainty Quantification*, 8(2), pp. 601–635. Open-access version: https://igdk1754.ma.tum.de/downloads/Preprints/1905_SchadenUllmann.pdf.
- [4] Destouches, M., Mycek, P. and Gürol, S. (2023) *Multivariate extensions of the Multilevel Best Linear Unbiased Estimator for ensemble-variational data assimilation*. Technical report TR-PA-23-67. Cerfacs. Available at: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2306.07017>.

MISSION

Ce stage s'articulera autour de deux axes complémentaires :

1. Partie expérimentale (en Python) :
 - **Exploration des filtres spectraux pré-restriction**
Étudier différentes stratégies de filtrage spectral (notamment par filtres passe-bas) pour le pré-filtrage avant la restriction. Déterminer les fréquences de coupure optimales en fonction des caractéristiques du champ discrétisé et des grilles utilisées.
 - **Optimisation des opérateurs multiniveaux**
Concevoir et implémenter une extension des méthodes MLBLUE, en s'inspirant des dernières avancées [4, sections 4.3-4.4]. Tester l'impact des filtres intégrés dans les opérateurs de transfert sur la qualité de l'estimation.
2. Partie théorique :
 - **Analyse des propriétés des opérateurs**
Étudier les conditions théoriques nécessaires pour que les opérateurs de transfert et de filtrage garantissent une réduction de variance.
 - **Développement de métriques théoriques**
À partir de l'analyse théorique et des expériences numériques, proposer des critères permettant de guider le choix ou l'optimisation des opérateurs.

Ce stage offrira une immersion dans des **problématiques de recherche** à la croisée des mathématiques appliquées et du calcul scientifique haute performance, et permettra au/à la candidat(e) d'acquérir une expertise en modélisation mathématique, analyse numérique, estimation statistique et optimisation algorithmique. Selon les opportunités de financement, une poursuite des travaux **dans le cadre d'une thèse** pourra être envisagée.

PROFIL SOUHAITE

- Formation solide en mathématiques appliquées.
- Expérience en programmation scientifique en Python (bibliothèque Numpy).
- Intérêt pour la recherche scientifique, éventuellement volonté de faire une thèse.
- Curiosité, autonomie et rigueur scientifique.

CE QUE NOUS PROPOSONS AU CERFACS

- Un large accès aux technologies, un environnement relationnel riche, des compétences internes reconnues au niveau national et international.
- Un environnement de travail inclusif et équitable.
- Une structure accessible aux personnes en situation de handicap.
- Possibilité de bénéficier de 1,83 jours de réduction du temps de travail par mois liée à votre choix d'une semaine de travail de 39 heures au lieu de 35 heures.
- Remboursement à hauteur de 50% des frais de transport en commun.

COMMENT POSTULER ?

Pour postuler, veuillez envoyer votre CV et lettre de motivation à mycek@cerfacs.fr et ehouarn.simon@toulouse-inp.fr, les candidatures sont ouvertes jusqu'au 17/01/2025.

À bientôt au CERFACS !