

## Soutenance de thèse

**Alexandre SCOTTO DI PERROTOLO** soutiendra sa thèse de doctorat préparée au sein de l'ISAE-ONERA MOIS et intitulée «*Méthodes aléatoires en algèbre linéaire numérique appliquées à l'assimilation de données*»

**Le 26 août 2022 à 14h00,  
Salle des thèses – ISAE-SUPAERO**

devant le jury composé de

M. Xavier VASSEUR	Ingénieur de recherche ISAE-SUPAERO	Directeur de thèse
M. Youssef DIOUANE	Professeur Polytechnique Montréal	Co-directeur de thèse
Mme Stefania BELLAVIA	Professor Università di Firenze	Rapporteuse
Mme Melina FREITAG	Professor Universität Potsdam, Institut für Mathematik	Rapporteuse
M. Serge GRATTON	Professeur INP Toulouse	
M. Marcin CHRUST	Scientist ECMWF	

**Résumé** Les méthodes aléatoires pour le calcul approché de décomposition aux valeurs singulières/valeurs propres ont suscité beaucoup d'intérêt au cours des dernières décennies. Ces méthodes se sont avérées performantes, efficaces en termes de coût de calcul et particulièrement bien adaptées aux problèmes de grande taille. À cet égard, des recherches récentes ont proposé des applications de ces méthodes en assimilation de données, où la taille des problèmes est prohibitive pour un grand nombre d'approches classiques. Dans cette thèse, nous proposons trois contributions interconnectées aux méthodes aléatoires pour l'approximation de rang faible, l'extraction d'information spectrale et le préconditionnement en assimilation de données variationnelle. Premièrement, nous proposons une analyse générale de l'erreur d'approximation de rang faible aléatoire en norme de Frobenius et en norme spectrale. Cette généralisation étend les possibilités d'analyse à un plus grand nombre de méthodes aléatoires en autorisant des matrices de covariance générales et un vecteur de moyenne non nulle pour la matrice gaussienne d'échantillonnage. La particularisation de nos bornes à la méthode dite de Randomized Singular Value Decomposition (RSVD) montre que nous améliorons les bornes d'erreur de référence proposées par Halko, Martinsson et Tropp (2011). Ensuite, nous présentons des algorithmes aléatoires pour la résolution de problèmes aux valeurs propres spécifiques qui apparaissent notamment en assimilation de données. Les méthodes proposées sont polyvalentes et généralisent les contributions de Saibaba, Lee et Kitanidis (2016) et Daužickaitė et al. (2021). Nous fournissons ensuite une analyse théorique de nos méthodes qui éclaire sur la sensibilité de l'erreur au nombre d'itérations de sous-espace, au nombre d'échantillons aléatoires et à la matrice de covariance pour la matrice gaussienne d'échantillonnage. Des illustrations numériques sur un problème d'assimilation de données confirment le potentiel de nos algorithmes. Enfin, nous proposons une classe de préconditionnement à mémoire limitée aléatoire dédiée à l'assimilation de données variationnelle. Nous proposons de tels préconditionnements pour deux méthodes de Krylov en particulier: une approche dite inverse-free dans l'espace primal introduite par Guröl (2013) et une méthode d'espace dual proposée par Gratton et Tshimanga (2009). La dimension réduite de l'espace dual rend cette dernière approche plus intéressante à la fois en termes de coût de calcul et de stockage. Les préconditionnements aléatoires proposés sont basés sur des expressions adaptées identifiées par Gürol (2013) pour lesquelles les calculs coûteux d'information spectrale exacte est remplacée par des approximations obtenues avec une procédure aléatoire. Des illustrations sur un problème d'assimilation de données variationnel quadridimensionnel de référence démontrent le potentiel de nos préconditionnements aléatoires, ouvrant ainsi des perspectives intéressantes.

**Mots-clés :** méthodes aléatoires, moindres carrés non-linéaires, approximation de rang faible, préconditionnements à mémoire limitée, assimilation de données