

PROPOSITION DE STAGE EN COURS D'ETUDES

Référence : **DTIS-2027-42**
(à rappeler dans toute correspondance)

Lieu : Toulouse

Département/Dir./Serv. : DTIS/M2CI

Tél. : 0562252644

Responsable(s) du stage : N. Bartoli et T. Lefebvre

Email. : nathalie.bartoli@onera.fr
thierry.lefebvre@onera.fr

DESCRIPTION DU STAGE

Thématique(s) : Conception et Optimisation de Systèmes (COS)

Type de stage : ☒ Fin d'études bac+5 ☒ Master 2 ☐ Bac+2 à bac+4 ☐ Autres

Intitulé : Enrichissement adaptatif d'une base de données multi-fidélité

Sujet : La conception d'un avion en phase d'avant-projet repose sur un processus MDO (*Multidisciplinary Design Optimization*), qui couple diverses disciplines (aérodynamique, masse, performances...) pour optimiser le design de l'appareil face à un cahier des charges. Toutefois, l'exploration de nouvelles configurations exige d'utiliser des modèles physiques de plus haute fidélité (CFD, FEM). En raison de leur coût de calcul prohibitif, la phase de conception s'appuie fréquemment sur des modèles de substitution (processus gaussiens, krigeage). Pour faciliter cette démarche, nous avons développé notre propre solution : la boîte à outils SMT (*Surrogate Modeling Toolbox*).

Une collaboration entre l'ONERA, l'ISAE-SUPAERO, l'IRD et Polytechnique Montréal a permis de développer des stratégies d'optimisation sous contraintes fondées sur les processus gaussiens (méthode EGO pour *Efficient Global Optimization*). Capables de prendre en compte des variables discrètes, continues ou catégorielles, ainsi que de multiples objectifs, ces approches sont désormais intégrées et disponibles dans la bibliothèque open source SMT-optim (<https://github.com/SMTorg/smt-optim>).

Au cours du processus de conception d'un aéronaf, il est nécessaire, pour valider les différentes performances de l'appareil, de recourir à la fois à des simulations numériques et à des essais en soufflerie. Ces deux moyens de prévision produisent des données complémentaires en termes de précision, de densité d'information et de coût. Des premiers travaux sur la fusion de données (simulations CFD et essais en soufflerie) basés sur des processus gaussiens multifidélité ont permis d'avancer en proposant des techniques d'échantillonnage dynamique afin d'enrichir les modèles dans les zones d'intérêt. La stratégie en deux étapes consiste à (i) identifier le point d'intérêt et (ii) choisir le niveau de fidélité.

L'idée du stage serait d'intégrer ces premiers résultats dans la toolbox SMT-optim et de les comparer à des approches plus classiques basées sur des critères multi-objectifs (stratégie en 1 seule étape avec construction d'un front de Pareto). Une extension à l'ajout simultané de plusieurs points (batch) pourrait également être envisagée. Le stagiaire bénéficiera des bases de données expérimentales et numériques déjà existantes (ONERA, Large Reference Model).

Références :

P. Saves, R. Lafage, N. Bartoli, Y. Diouane, J. Bussemaker, T. Lefebvre, J. Hwang, J. Morlier, J. Martins (2024). SMT 2.0: A Surrogate Modeling Toolbox with a focus on hierarchical and mixed variables Gaussian processes. *Advances in Engineering Software*, 188, 103571.

M. C. Castaño-Aguirre, A. F. López-Lopera, N. Bartoli, F. Massa, T. Lefebvre (2026). Scalable Sparse Co-Kriging for Multi-Fidelity Data Fusion: An Application to Aerodynamics. *Reliability Engineering & System Safety*, **272**, 112485.

H. Valayer, N. Bartoli, M. Castaño-Aguirre, R. Lafage, T. Lefebvre, A. López-Lopera, S. Mouton (2024). A Python Toolbox for Data-Driven Aerodynamic Modeling Using Sparse Gaussian Processes. *Aerospace*, **11**, 260.

L. Le Gratiet, J. Garnier, J. (2014). Recursive co-kriging model for design of computer experiments with multiple levels of fidelity. *International Journal for Uncertainty Quantification*, 4(5).

D. Gaudrie, R. Le Riche, V. Picheny, B. Enaux, V. Herbert (2020). Targeting solutions in Bayesian multi-objective optimization: sequential and batch versions. *Annals of Mathematics and Artificial Intelligence*, 88(1), 187-212.

Est-il possible d'envisager un travail en binôme ? Non

Méthodes à mettre en œuvre :

☐ Recherche théorique

☐ Travail de synthèse

☒ Recherche appliquée

☒ Travail de documentation

☐ Recherche expérimentale

☐ Participation à une réalisation

Possibilité de prolongation en thèse : Non

Durée du stage :

Minimum : 4 mois

Maximum : 6 mois

Période souhaitée : février à juillet 2027

PROFIL DU STAGIAIRE

Connaissances et niveau requis :

Mathématiques appliquées

Base en Python souhaitée

Écoles ou établissements souhaités :

Université ou école d'ingénieurs