RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

ONERA
THE FRENCH AEROSPACE LAB

www.onera.fr

PROPOSITION DE STAGE EN COURS D'ETUDES

Référence : **DTIS-2027-49**
(à rappeler dans toute correspondance)

Lieu : Palaiseau

Département/Dir./Serv. : DTIS/CASH

Tél. : 01 80 38 68 22

Responsable(s) du stage : A. Gautier, N. Bartoli et L. Tiberio

Email. : athenais.gautier@onera.fr

DESCRIPTION DU STAGE

Thématique(s) : Conception et Optimisation des Systèmes

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

Intitulé : Optimisation bayésienne robuste aux défaillances de simulations coûteuses

Sujet : Dans le domaine aérospatial, les systèmes doivent atteindre de hautes performances tout en satisfaisant des exigences souvent contradictoires. Dans ce contexte, l'optimisation multidisciplinaire (MDO, Multidisciplinary Design Optimization) [1] s'est imposée comme une approche permettant de concevoir des véhicules optimalement adaptés à leurs missions.

Ces problèmes font généralement appel à des codes de calcul coûteux (par exemple la CFD pour l'aérodynamique et les éléments finis pour l'analyse structurale). Le recours à l'apprentissage automatique et aux approches pilotées par les données, notamment les processus gaussiens et plus largement les modèles de substitution, permet alors de remplacer ces codes par des approximations peu coûteuses, exploitables au sein de stratégies d'optimisation.

Parmi les stratégies d'optimisation existantes, l'optimisation bayésienne, qui repose sur un modèle de substitution probabiliste (typiquement un processus gaussien), est particulièrement adaptée aux problèmes d'ingénierie reposant sur des simulateurs numériques coûteux [2]. Une difficulté fréquente apparaît lorsque certaines évaluations échouent (non-convergence d'un solveur, géométrie invalide, instabilité numérique, etc.) et ne fournissent alors qu'une information binaire de succès ou d'échec. Ces situations peuvent être interprétées comme des contraintes cachées (hidden constraints), selon la taxonomie de Le Digabel et Wild [3]. Plusieurs approches combinant optimisation bayésienne et modèles probabilistes de faisabilité ont été proposées [4], notamment dans des travaux récents menés à l'ONERA [5] [6].

Ce stage visera à poursuivre ces travaux avec pour objectif, à terme, une contribution au logiciel open source SMT-optim en collaboration avec Paul Saves (IRD/UMMISCO).

Objectifs

1. Réaliser un état de l'art ciblé sur l'optimisation bayésienne sans contrainte, sous contraintes et en présence de contraintes cachées ou de défaillances de simulation.
2. Établir un état des lieux logiciel des fonctionnalités disponibles dans l'écosystème ONERA, en particulier SMT, SEGOMOE et SMT-optim.
3. Implémenter et comparer sur des cas tests plusieurs stratégies de gestion des échecs fournissant uniquement une information succès/échec.
4. Exploiter les méthodes identifiées comme particulièrement prometteuses sur un cas d'application « type » de l'ONERA (application avion ou drone).
5. Étudier des améliorations possibles de ces approches : modèle de classification, calibration des probabilités, prise en compte de la viabilité dans la fonction d'acquisition, compromis exploration/évitement des zones d'échec.
6. Proposer et prototyper une solution générique ayant idéalement vocation à être intégrée à SMT-optim.

Les méthodes développées seront testées sur différentes applications d'ingénierie. L'ONERA utilise déjà l'optimisation bayésienne dans plusieurs applications de conception avion, et l'étudiant(e) aura ainsi le choix de l'application. Parmi les exemples envisagés, on peut mentionner l'optimisation aéro-structure d'une aile d'avion ; l'optimisation de trajectoires d'avion ; la conception de profils ou d'hélices avec des solveurs aérodynamiques susceptibles de ne pas converger ; ou d'autres applications d'ingénierie sujettes à des échecs de simulation.

Références

[1] Joaquim R. R. A. Martins and Andrew Ning, *Engineering Design Optimization*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2022.

[2] Matthias Schonlau & William J. Welch Donald R. Jones, "Efficient Global Optimization of Expensive Black-Box Function," *Journal of Global Optimization*, vol. 13, pp. 455–492, 1998.

[3] Sébastien Le Digabel and Stefan M. Wild, "A Taxonomy of Constraints in Black-Box Simulation-Based Optimization," *Journal of Global Optimization*, 2024.

[4] Michael A. Gelbart, Jasper Snoek, and Ryan P. Adams, "Bayesian Optimization with Unknown Constraints," in *Proceedings of the 30th Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence*, 2014.

[5] Youssef Diouane, Nathalie Bartoli & Michael Kokkolaras Ali Tfaily, "Bayesian optimization with hidden constraints for aircraft design," *Structural and Multidisciplinary Optimization*, 2024.

[6] P. Saves and R. Lafage and N. Bartoli and Y. Diouane and J. H. Bussemaker and T. Lefebvre and J. T. Hwang and J. Morlier and J. R. R. A. Martins., "SMT 2.0: A Surrogate Modeling Toolbox with a focus on Hierarchical and Mixed Variables Gaussian Processes," *Advances in Engineering Software*, 2024.

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

Méthodes à mettre en oeuvre :

☒ 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 Maximum : 5.5 mois (6 sur dérogation uniquement)

Période souhaitée : 2027

PROFIL DU STAGIAIRE

Connaissances et niveau requis :

Vous êtes issu(e) d'une formation en :

- Mathématiques appliquées, statistiques, modélisation numérique
- Data science ou machine learning.

Et vous avez :

- Des bases solides en Python et en calcul scientifique.

Ecoles ou établissements souhaités :

Étudiant(e) en dernière année d'école d'ingénieur ou en Master 2 en mathématiques appliquées, statistiques, data science.