

PROPOSITION DE SUJET DE THESE

Intitulé : Estimation d'un domaine d'excursion par enrichissement adaptatif de modèles : application à la recherche d'un domaine de tir/vol

Référence : **TIS-DTIS-2022-08**
(à rappeler dans toute correspondance)

Début de la thèse : octobre 2022

Date limite de candidature : Mai 2022

Mots clés

Modèle probabiliste, incertitudes, machine learning, optimisation

Profil et compétences recherchées

3ème année Ecole d'Ingénieur généraliste ou M2

Mathématiques appliquées, optimisation, probabilités / statistiques

Présentation du projet doctoral, contexte et objectif

Lors d'un processus de conception de système, certains paramètres sont fixés autour de valeurs de référence et un algorithme d'optimisation est ensuite utilisé pour choisir les autres variables du système. Si les paramètres sont amenés à changer (par exemple, des variables d'environnement), quel est l'impact de ce changement sur le système optimisé ?

De manière générale, ce type de problème se modélise à l'aide d'une fonction boîte noire Γ ayant pour entrées le vecteur X et pour sortie scalaire $Y=\Gamma(X)$. L'originalité ici réside dans la stochasticité de Γ , c'est-à-dire, que même lorsque X est fixé, $\Gamma(X)$ est tout de même aléatoire. L'objectif de cette thèse est de déterminer à faible coût de calcul le domaine d'excursion de X pour un seuil T en sortie, défini par l'ensemble des valeurs de X pour lesquelles $P(\Gamma(X) > T) > \alpha$, où α est une probabilité proche de 1. Une approche naïve pour estimer un domaine d'excursion mais peu efficace consiste alors à générer une grille dans l'espace des valeurs prises par X puis à évaluer la distribution de $\Gamma(X)$ pour chaque valeur de cette grille.

Or, les phénomènes physiques modélisés par Γ font appel à des solveurs numériques coûteux à évaluer ce qui rend l'estimation du domaine d'excursion particulièrement difficile. Afin de résoudre ce problème, une approche classique consiste à remplacer ces solveurs par des modèles analytiques dits de substitution (ou surrogate model) tels que des processus gaussiens, par exemple. Plusieurs sources d'approximation seront donc à considérer pour s'assurer de la précision de l'estimation du domaine d'excursion : l'erreur d'approximation liée à l'utilisation de processus gaussiens et l'erreur liée à la discrétisation des variables aléatoires (utilisation de méthodes de Monte-Carlo pour estimer les quantités d'intérêt).

L'idée est donc d'utiliser des méthodes de Machine Learning et d'optimisation bayésienne pour réduire drastiquement le nombre d'appels aux codes de calcul coûteux tout en assurant une précision suffisante sur le domaine recherché. Ce but pourrait être atteint en utilisant un processus d'enrichissement adaptatif des modèles de substitution prenant en compte les différentes sources d'incertitude.

Deux types d'application seront considérés au cours de cette thèse : une application civile pour la conception avion et une application militaire pour le tir de munition air-air.

Lors du processus de conception d'un avion, une mission de référence est définie (nombre de passagers, rayon d'action, altitude, ...) afin de pouvoir dimensionner les grandeurs caractéristiques de l'avion, comme la taille de son réservoir de carburant, via la résolution d'un problème d'optimisation. Une fois que ces grandeurs sont fixées, l'objectif est de déterminer si cet avion est capable de réaliser une nouvelle mission, caractérisées par de nouvelles valeurs de paramètres (rayon d'action, altitude, vitesse, charge utile), et par conséquent évaluer si le volume du réservoir est suffisant pour la nouvelle masse de carburant. A cette question s'ajoute l'aléa lié à certaines variables d'environnement, comme

la pression, la température, le vent... Le problème devient donc probabiliste et il s'agit alors de répondre à la question suivante: quelles valeurs de paramètres de mission permettent d'obtenir une probabilité de réussite élevée et définissent ainsi le domaine de vol de l'appareil?

Concernant l'utilisation de munition air-air, il faut déterminer la probabilité de réussite d'un tir pour une cible prédéfinie en fonction de paramètres (Altitude, vitesse, distance, ...). Un domaine de tir est donc défini en utilisant le Modèle dynamique de Référence (MDR) qui décrit la physique de la munition, soumis également à des variables aléatoires (vent, température, ...). L'objectif est de pouvoir définir un domaine de tir robuste avec une certaine probabilité de réussite en prenant en compte ces différentes sources d'incertitude. Le MDR étant très coûteux en terme de temps CPU, son nombre d'appels devra être limité tout en s'assurant que le domaine de tir généré répond bien à la probabilité de réussite demandée.

Un état de l'art sera établi en début de thèse pour identifier les méthodes et les développements informatiques seront réalisés en python et s'appuieront sur les bibliothèques utilisées dans l'équipe (FAST-OAD pour le code de conception avion, SMT pour la librairie de modèles).

Bibliographie liée:

- Azzimonti, D., Bect, J., Chevalier, C., & Ginsbourger, D. (2016). Quantifying uncertainties on excursion sets under a Gaussian random field prior. *SIAM/ASA Journal on Uncertainty Quantification*, 4(1), 850-874.
- Azzimonti, D., Ginsbourger, D., Rohmer, J., & Idier, D. (2019). Profile Extrema for Visualizing and Quantifying Uncertainties on Excursion Regions: Application to Coastal Flooding. *Technometrics*, 1-27
- Bulthuis, K., Pattyn, F., & Arnst, M. (2020). A multifidelity quantile-based approach for confidence sets of random excursion sets with application to ice-sheet dynamics. *SIAM/ASA Journal on Uncertainty Quantification*, 8(3), 860-890.
- Fossum, T. O., Travelletti, C., Eidsvik, J., Ginsbourger, D., Rajan, K. (2021) Learning excursion sets of vector-valued Gaussian random fields for autonomous ocean sampling. *Ann. Appl. Stat.* 15 (2) 597 – 618.

Collaborations envisagées

Une collaboration avec la DGA est envisagée avec une mission de quelques semaines sur le site de Rennes en début en en fin de thèse.

Laboratoire d'accueil à l'ONERA

Département : Traitement de l'information et systèmes

Lieu (centre ONERA) : Toulouse

Contact : Sylvain Dubreuil

Tél. : 0562252755

Email : sylvain.dubreuil@onera.fr

Directeur de thèse

Nom : Nathalie Bartoli et Jérôme Morio

Laboratoire : ONERA/DTIS/M2CI

Tél. : 05 62 25 26 44

Email : nathalie.bartoli@onera.fr

jerome.morio@onera.fr

Pour plus d'informations : <https://www.onera.fr/rejoindre-onera/la-formation-par-la-recherche>