

Invitation à la soutenance de thèse

OPTIMISATION QUALITÉ-DIVERSITÉ POUR PROBLÈME À ENSEMBLES DE DÉFINITION CONDITIONNELS

Lucas BARATON

Vendredi 5 décembre à 10h00
ISAE-SUPAERO, salle des thèses à Toulouse

Devant le jury composé de :

M. Stéphane DONCIEUX, Rapporteur, Sorbonne Université, ISIR, CNRS
M. Sébastien LE DIGABEL, Rapporteur, Polytechnique Montréal
Mme. Carola DOERR, Examinateuse, Sorbonne Université, LIP6, CNRS
M. Rodolphe LE RICHE, Examinateur, Ecole des Mines de Saint-Etienne, LIMOS, CNRS
Mme. Annafederica URBANO, Directrice de thèse, ISAE-SUPAERO
M. Mathieu BALESSENT, Co-directeur de thèse, ONERA
M. Loïc BREVAULT, Co-encadrant, ONERA

Résumé

La phase de pré-conception et d'optimisation de systèmes complexes nécessite l'utilisation de méthodes numériques efficaces afin de trouver des solutions performantes satisfaisant les spécifications imposées. En effet, si la complexité des modèles physiques numériques associés augmente, le coût de calcul devient problématique. En outre, de nombreux choix technologiques et architecturaux doivent être effectués pour concevoir le système. Pour un lanceur spatial, ces choix peuvent être le nombre d'étages ou le type de propulsion. Dans la formulation mathématique du problème d'optimisation, ces choix sont modélisés par des variables discrètes, appelées variables conditionnelles. Selon les valeurs de celles-ci, la structure du problème d'optimisation est modifiée au fil des itérations (notamment le nombre de variables et de contraintes actives). Ces variables conditionnelles doivent être optimisées en même temps que les variables continues et discrètes classiques. Le problème d'optimisation associé est appelé Problème à Ensembles de Définition Conditionnels (PEDC). De plus, il peut être avantageux d'obtenir un ensemble de solutions diverses et performantes à ces problèmes. En effet, certaines spécifications du système peuvent être encore indéterminées car plusieurs alternatives sont intéressantes à étudier. Pour un lanceur spatial par exemple, différentes combinaisons de charge utile et d'orbite cible peuvent avoir de l'intérêt. L'optimisation Qualité-Diversité (QD) permet de fournir un ensemble de solutions diverses et performantes. La diversité est mesurée via des fonctions features tandis que la performance est évaluée grâce à une fonction objectif classique. Or, les algorithmes QD ne sont pas capables d'optimiser des variables conditionnelles. Ainsi, la première contribution de cette thèse propose une formulation du PEDC dans le cadre QD et présente une adaptation d'un algorithme QD classique à la gestion de ces variables. Il est montré que l'approche proposée améliore la vitesse de convergence par rapport à une

approche naïve par décomposition. Par contre, elle nécessite de nombreux appels aux fonctions pour converger, ce qui limite son applicabilité à des problèmes coûteux. La seconde contribution présente donc deux méthodes pour résoudre des PEDC coûteux dans le cadre QD. Celles-ci combinent des techniques d'optimisation bayésienne et QD, et étendent les travaux existants à la gestion de variables conditionnelles. Elles permettent alors de générer un ensemble de solutions diverses et performantes avec un budget de calcul limité. Cependant, dans les approches QD existantes, une seule solution peut être stockée pour un sous-ensemble donné de l'espace des features (appelé niche). Ceci peut être problématique si plusieurs configurations du système présentant différentes technologies (e.g., nombre d'étages, type de propulsion pour un lanceur spatial) ont des performances équivalentes dans cette niche. Ainsi, la troisième contribution de cette thèse propose de stocker plusieurs solutions par niche pour augmenter la diversité produite par les méthodes QD. Le cadre QD est étendu. Les approches bayésiennes de la seconde contribution sont adaptées à celui-ci. Les performances des différentes approches ont été évaluées sur plusieurs cas-tests analytiques et d'ingénierie aérospatiale.

Mots clés

problème à ensembles de définition conditionnels, optimisation qualité-diversité, optimisation bayésienne, variables mixtes, ingénierie aérospatiale