

Optimisation pour la conception de produits par simulations numériques : un problème d'optimisation multicritère de grande dimension

Florian Colin¹, Armelle Le Gall¹

EURODECISION, 9A rue de la porte de BUC, 78000 Versailles
{florian.colin, armelle.legall}@leurodecision.com

Mots-Clés : *conception de systèmes complexes, optimisation multicritères, front de Pareto, algorithme génétique NSGA-II, modèle de préférence, ELECTRE-III.*

1 Introduction

Le cahier des charges d'un système complexe fixe des objectifs sur des prestations telles que la masse du produit, les émissions de polluants, les performances mécaniques (crash, endurance, ...), acoustiques et vibratoires. Lors de leur déploiement sur les sous-systèmes, les performances attendues sur les prestations sont déclinées sur des réponses élémentaires dont le nombre est potentiellement très grand (intrusion de l'obstacle, déformations plastiques, efforts, bruits, raideur ...). Ces réponses sont évaluées, selon les physiques étudiées, par un ou plusieurs codes de simulation numérique.

La méthodologie d'optimisation de la conception consiste à définir sur les facteurs de conception influents (le matériau et l'épaisseur des pièces, leurs formes, éventuellement la présence ou non de pièces comme des renforts ...) un plan d'expériences afin de calculer des modèles statistiques capables de prédire les valeurs des différentes réponses. Ces modèles sont utilisés par l'algorithme d'optimisation pour générer, au cours d'itérations, de nouvelles conceptions.

2 Application de la méthode ELECTRE-III

Les exigences actuellement imposées aux concepteurs sont de plus en plus fortes. Dans le domaine automobile, par exemple, les normes environnementales de réduction de CO₂ imposent une forte réduction de la masse des véhicules. Parallèlement des nouvelles normes de sécurité apparaissent ou se renforcent. Dans un tel contexte, il est rare qu'une conception satisfasse l'ensemble des critères du cahier des charges. Un compromis doit être choisi. Le concepteur doit ensuite le valider par une analyse poussée sachant que certains critères ont été réduits à une mesure de valeur numérique (exemple : la cinématique du choc est résumée à l'intrusion maximale). Le temps nécessaire à ces analyses étant important, il est crucial de disposer d'un outil de préselection multicritère performant.

Dans le cadre du projet de recherche OPTimisation de SIMulations pour la conception (OPSIM) du pôle de compétitivité System@tic, EURODECISION a mis en œuvre l’algorithme de classement multicritère ELECTRE-III [3]. Il permet de classer les conceptions d’après des seuils de préférence et d’indifférence spécifiés critère par critère par le concepteur. Il se montre utile comme outil de discussion avec les experts, pour ajuster les poids relatifs entre critères. Les résultats de sa mise en œuvre sur une étude d’allègement de banquette arrière seront présentés.

3 Approximation du Front de PARETO

Les problèmes de conception conduisent à la formulation de problèmes d’optimisation multi-objectifs en grande dimension pour lesquels il est intéressant de déterminer les solutions Pareto-optimales ([1], [2]). Les algorithmes évolutionnistes basés sur des populations de solutions permettent d’approximer au mieux cette frontière de Pareto.

Un algorithme génétique de type NSGA-II a été développé dans le cadre d’OPSIM. Les expérimentations menées sur les études de conception de grande dimension montrent que très vite au cours des itérations de l’algorithme la population se réduit à un seul front et qu’il est difficile de guider l’exploration vers les zones du front jugées pertinentes par les concepteurs. Une solution pragmatique d’agrégation des contraintes souples a été mise en place pour réduire le nombre de dimensions. Des travaux sont en cours pour intégrer des préférences a priori [4] lors de l’approximation de la frontière de Pareto.

Références

- [1] K. Deb. “Multi-Objective Optimization using Evolutionary Algorithms”, Wiley-Interscience Series in Systems and Optimization. John Wiley & Sons, Chichester, 2001.
- [2] Matthias Ehrgott. “Multicriteria Optimization”, Springer-Verlag Berlin and Heidelberg GmbH & Co, 2004.
- [3] B. Roy. “ELECTRE III : Un algorithme de classement fondé sur une représentation floue des préférences en présence de critères multiples”, *Cahiers du CERO*, Vol. 20:3–24, 1978.
- [4] Jurgen Branke, Kalyanmoy Deb, Kaisa M. Miettinen, Roman Slowinski. “Multiobjective Optimization : Interactive and Evolutionary Approaches”, Springer-Verlag Berlin and Heidelberg GmbH & Co, 2008.