

Optimisation boîte noire sous contraintes avec des variables mixtes : une approche par modèles substitués

- **Marie-Ange Dahito** (Stellantis, Samovar, Telecom SudParis, Institut Polytechnique de Paris)
- Laurent Genest (Stellantis)
- Alessandro Maddaloni (Samovar, Telecom SudParis, Institut Polytechnique de Paris)
- José Neto (Samovar, Telecom SudParis, Institut Polytechnique de Paris)

Mots-clé : optimisation boîte noire, modèles substitués, variables mixtes.

Résumé : Bon nombre de problèmes d'optimisation complexes rencontrés dans l'industrie n'ont pas de formulation explicite, à savoir d'expression analytique donnée de l'objectif et/ou des contraintes. L'évaluation de ces fonctions, qualifiées de boîtes noires, fait souvent appel à des simulations qui nécessitent des ressources de calcul très importantes.

Cette forme de problèmes est classiquement abordée par des méthodes sans dérivées telles que les algorithmes évolutionnaires [1] ou les méthodes de recherche directe [2]. Plus récemment des approches ont été développées qui reposent sur l'utilisation de modèles substitués ou métamodèles, autrement dit des fonctions d'approximation des boîtes noires. L'idée est de limiter par ce biais le nombre d'évaluations coûteuses en résolvant un problème d'optimisation auxiliaire formulé avec des modèles substitués qui peuvent être améliorés au cours de l'optimisation. Parmi les modèles couramment utilisés figurent notamment les surfaces de réponse polynomiales ou les modèles de krigeage.

En plus des fonctions boîtes noires et de la dimension (i.e. nombre de variables) significative des problèmes traités, une autre difficulté qui émerge dans la formulation des problèmes que nous considérons tient à la nature des variables dont certaines sont discrètes. Actuellement il n'existe que très peu d'implémentations de méthodes sans dérivées reposant sur des métamodèles qui permettent de les gérer.

Nous présentons une nouvelle méthode d'optimisation reposant sur l'utilisation de métamodèles de plusieurs types pour résoudre des problèmes d'optimisation boîte noire avec contraintes et variables mixtes, pour lesquels les évaluations des boîtes noires sont très coûteuses en temps de calcul.

L'algorithme proposé se décompose en deux phases : la première recherche l'obtention d'une solution réalisable, tandis que la seconde vise à une amélioration itérative de la valeur d'objectif de la meilleure solution trouvée. Notre implémentation de l'algorithme utilise NOMAD [3, 4] pour la résolution de ses sous-problèmes d'optimisation définis par des métamodèles. Nous restituons les résultats d'expérimentations de cette approche sur divers problèmes de la littérature ainsi qu'un problème d'optimisation paramétrique rencontré au sein du groupe automobile Stellantis.

Références :

- [1] J.H. Holland Adaptation in Natural and Artificial Systems. *The University of Michigan Press*, Ann Arbor, 1975.
- [2] R. Hooke, T.A. Jeeves Direct search solution of numerical and statistical problems. *J. Assoc. Comput. Mach.* 8(2), 212—219, 1961.
- [3] C. Audet, S. Le Digabel, C. Tribes. NOMAD user guide. Technical Report G-2009-37, *Les cahiers du GERAD*, 2009.
- [4] S. Le Digabel. Algorithm 909: NOMAD: Nonlinear Optimization with the MADS Algorithm. *ACM Trans. Math. Softw.* 37(4), 44:1–15, 2011.