

**Programme de cotutelles U. Libanaise – UT INSA :  
Proposition de sujet**

**Optimisation Non Linéaire Multi-Objectif en Variables Mixtes pour la  
Mécanique**

<b>Partenaires académiques</b>	<b>Direction scientifique</b>
Université de Technologie de Troyes, Institut Charles Delaunay, équipe LASMIS	Pascal LAFON, Professeurs des universités. <a href="mailto:Pascal.lafon@utt.fr">Pascal.lafon@utt.fr</a>
Université Libanaise de Beyrouth, Faculté de Génie 3, Laboratoire 3M (Matériaux, Mécanique Mécatronique).	Rafic YOUNES, Professeur, Doyen de la faculté de Génie 3 <a href="mailto:ryounes@ul.edu.lb">ryounes@ul.edu.lb</a>

• **Etat de l'art et contexte**

Ce projet s'inscrit dans une collaboration internationale initiée en 2005 avec pour partenaire principal l'Université Libanaise de Beyrouth, depuis 2008 l'entreprise internationale COWI et depuis 2013 l'école Polytechnique de Montréal. Ce projet adresse les domaines scientifiques liés à la modélisation multidisciplinaire et à l'optimisation en ingénierie mécanique. Dans cette collaboration nous nous sommes intéressés à la problématique de la modélisation et de l'optimisation de structures, plus récemment à celle de modélisation de la perméabilité dans les processus d'injection de matériaux composites. L'objectif global étant de contribuer au développement d'outils d'aide à la décision basés sur des méthodes performantes d'optimisation.

En ingénierie mécanique, en particulier pour le développement des produits complexes, les industriels systématisent le prototypage virtuel du produit. Pour des produits complexes, ces outils de développement limitent le recourt au prototype physique et garantissent une meilleure maîtrise du développement. Les puissances de calculs disponibles, associés à celle des outils de simulation numérique incitent naturellement les industriels à mettre en œuvre des démarches d'optimisation du produit et des procédés. Les progrès réalisés récemment dans le domaine des algorithmes d'optimisation ouvrent maintenant la voie à de nombreuses applications industrielles efficaces pour les problèmes d'optimisation dits « continus » ou purement « discrets ».

Il existe cependant certaines catégories de problèmes d'optimisation pour lequel les algorithmes disponibles ne donnent pas les performances attendues : temps de calculs prohibitifs, solutions optimales non satisfaisantes.

Cette catégorie de problèmes d'optimisation découle des modèles physiques fortement non linéaires, de situations où l'on cherche un compromis parmi des critères d'optimisation antagonistes (coût/qualité ou coût/performance ou masse/rigidité, etc. ...). A tout cela s'ajoute la présence de variables de design continues et discrètes.

La problématique essentielle de cette proposition est de proposer une ou des méthodes d'optimisation plus efficace que celles actuellement disponibles, sur cette catégorie de problèmes. Plus efficace doit être entendue au sens il s'agira d'obtenir des solutions optimales satisfaisantes en des temps de calculs compatibles avec les cycles de développements d'un produit.

- **Objectifs scientifiques**

L'étude de l'état de l'art [1,5,6] des algorithmes d'optimisation permet de tirer deux principales conclusions. D'une part qu'il n'existe pas d'algorithmes meilleurs que les autres en moyenne, quelque soit la nature du problème. D'autre part, que pour certains algorithmes d'optimisation, compte tenu du recul sur le nombre de tests réalisés sur une catégorie donnée de problèmes, on peut raisonnablement faire confiance à ces algorithmes pour trouver une solution acceptable. Par exemple, les algorithmes métaheuristiques évolutionnaires sont connus pour être raisonnablement efficace sur les problèmes multi-objectifs non linéaires continus. Les algorithmes « tabous » offrent quelques garanties sur des problèmes discrets, donc avec une combinatoire élevée. Les algorithmes de type « gradients » donnent des bons résultats sur des problèmes mono ou multi-objectif suffisamment « lisses » et continus.

Des travaux récents [1,2,3,4] montrent que sur des problèmes tests multi-objectif non linéaires en variables mixtes, les algorithmes de la littérature ne sont pas capables de trouver des solutions satisfaisantes. Pour ces problèmes tests, de complexité moyenne (moins d'une dizaine de variables, une dizaine de fonctions contraintes) nous avons pu déterminer, en exploitant les connaissances liées à la nature du problème, les solutions optimales globales (solution théorique). Par contre dès que la complexité augmente (i.e. le nombre de variables et de fonctions contraintes), il est impossible de déterminer la solution optimale « théorique ». A l'heure actuelle nous ne pouvons obtenir que des solutions approchées de mauvaises qualités.

L'objectif scientifique de cette proposition est donc de proposer un algorithme d'optimisation efficace pour ces problèmes multi-objectif non linéaires en variables mixtes. Le fils conducteur de ces travaux sera d'exploiter certains aspects spécifiques aux problèmes d'optimisation en mécanique. En effet, pour ces problèmes les solutions optimales s'obtiennent très souvent lorsqu'une ou plusieurs contraintes du problème d'optimisation sont presque satisfaites ce qui permet de limiter l'espace de recherche. D'autre part il est souvent possible d'initialisation la recherche avec quelques solutions non optimales.

- **Méthodologie de la recherche**

Ce travail de recherche consiste à développer des outils numériques d'optimisation dont l'efficacité sera établie pour une catégorie spécifique de problème de manière empirique, sur la base d'un nombre de calculs d'optimisation statistiquement représentatifs. Les problèmes tests sont disponibles et certains d'entre eux sont « scalables », ils peuvent être complexifiés de manière à tester les limites de l'algorithme.

De manière à sécuriser l'avancement du travail deux pistes de recherche seront envisagées. La première concerne l'exploitation d'un couplage de techniques algorithmiques de type « branch & bound » pour explorer efficacement l'espace discret du problème, avec un algorithme métaheuristique. La seconde piste concerne l'hybridation d'algorithmes métaheuristiques. Dans les deux pistes on souhaite exploiter les particularités des problèmes d'ingénierie mécanique et évaluer l'influence des modes d'initialisation des algorithmes.

Les livrables de ces travaux sont des rapports intermédiaires d'avancement, des publications et des prototypes de logiciels d'optimisation développés dans l'environnement MATLAB.

- **Quelques références bibliographiques :**

- 1 El Samrout, A., Hybridation de méthodes stochastiques d'optimisation multi critères pour les problèmes de mécanique, Thèse de doctorat, Université de technologie, (soutenance septembre 2018).
- 2 Diab, H., Younes, R. & Lafon, P. Survey of research on the optimal design of sea harbours. International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering (2017).
- 3 El Samrout, A., Braydi, O., Younes, R., Trochu, F. & Lafon, P. A new hybrid method to solve the multi-objective optimization problem for a composite hat-stiffened panel. in 6th International Conference on Metaheuristics and Nature Inspired Computing META'16 (2016).
- 4 Chehouri, A., Younes, R., Perron, J. & Ilinca, A. A Constraint-Handling Technique for Genetic Algorithms using a Violation Factor. Journal of Computer Science 12, 350–362 (2016).
- 5 Santhanam, G. R. Qualitative Optimization in Software Engineering: A Short Survey. Journal of Systems and Software 111, 149–156 (2015).
- 6 Zavala, G. R., Nebro, A. J., Luna, F. & Coello, C. A. C. A survey of multi-objective metaheuristics applied to structural optimization. Struct Multidisc Optim 49, 537–558 (2014).