

PROPOSITION DE SUJET DE THESE

Intitulé : Optimisation topologique de structures composites en 3D

Référence : **MAS-DMAS-2025-02**
(à rappeler dans toute correspondance)

Début de la thèse : dès que possible

Date limite de candidature : décembre 2025

Mots clés

Optimisation structurale, matériau composite, résistance, flambement

Profil et compétences recherchées

Master/Ecole d'ingénieurs Mécanique des matériaux et des Structures

Intérêt pour les aspects numériques de la mécanique des structures, calcul EF, optimisation numérique, connaissances des matériaux composites

Présentation du projet doctoral, contexte et objectif

Les technologies de fabrication robotisée et en particulier les technologies de fabrication additives évoluent très rapidement en imprégnent progressivement l'industrie. Ces technologies ouvrent pour les ingénieurs de nouveaux degrés de liberté et de vastes espaces de conception à explorer, tâche pour laquelle les méthodes d'optimisation numérique deviennent des outils nécessaires. L'optimisation topologique, en particulier, constitue un domaine en pleine effervescence [1]. Les méthodes développées sont de plus en plus sophistiquées et étroitement couplées à des logiciels de simulation numérique, pour différentes physiques. Dans le domaine de la mécanique des structures, les travaux récents se focalisent en particulier sur la prise en compte dans l'optimisation de la rupture des matériaux, du flambement des structures, des contraintes de fabrication ou encore sur la conception multiéchelle avec des matériaux microstructurés.

Dans ce contexte, cette thèse porte spécifiquement sur la problématique de l'optimisation topologique pour les matériaux anisotropes, un domaine jusqu'ici moins avancé que son pendant isotrope. Il s'agit à la fois d'exploiter l'anisotropie du comportement élastique du matériau comme une variable de conception de l'optimisation, et de tenir compte de l'anisotropie en résistance, et aussi de la dissymétrie entre traction et compression, dans l'évaluation des contraintes d'optimisation comme la résistance ou le flambement. Ces problématiques échappent pour l'instant au champ d'application des logiciels commerciaux, pourtant déjà très avancés dans le cas des matériaux isotropes.

Cette thèse vise à développer une méthode d'optimisation topologique 3D pensée pour l'optimisation de structures composites à fibres continues, avec prise en compte de la résistance du matériau et du flambement, et à porter la mise en œuvre numérique de cette méthode à une maturité suffisante pour l'appliquer sur un cas test proposé par Airbus Atlantic. Le challenge est donc double. D'une part, il faut développer une paramétrisation du problème d'optimisation adaptée pour la description du comportement élastique non-linéaire des matériaux composites stratifiés dans le cadre d'une représentation 3D volumique du domaine de conception, d'autre part, il faut mettre en œuvre cette méthode dans un code de calcul EF adapté au traitement d'un cas d'application industriel. On s'appuiera pour ce faire sur les résultats obtenus dans le cadre de deux thèses précédentes, basés sur la paramétrisation SIMP et l'algorithme d'optimisation par gradient MMA [2-3]. Les développements réalisés seront implémentés en Python et interfacés à un code EF adapté pour le calcul de structures.

[1] J. D. Deaton et R. V. Grandhi, « A survey of structural and multidisciplinary continuum topology optimization: post 2000 », *Struct. Multidiscip. Optim.*, vol. 49, no 1, p. 1-38, janv. 2014, doi: 10.1007/s00158-013-0956-z.

[2] N. Ranaivomiarana, F.-X. Irisarri, D. Bettebghor, et B. Desmorat, « Concurrent optimization of material spatial distribution and material anisotropy repartition for two-dimensional structures », *Contin. Mech. Thermodyn.*, vol. 31, no 1, p. 133-146, janv. 2019, doi: 10.1007/s00161-018-0661-7.

[3] L. Vertonghen, F.-X. Irisarri, D. Bettebghor, et B. Desmorat, « Gradient-based concurrent topology and anisotropy optimization for mechanical structures », *Comput. Methods Appl. Mech. Eng.*, vol. 412, p. 116069, juill. 2023, doi: 10.1016/j.cma.2023.116069.

Collaborations envisagées

Airbus Atlantic, Sorbonne Université

Laboratoire d'accueil à l'ONERA

Département : Matériaux et Structures

Lieu (centre ONERA) : Châtillon

Contact : Johann Rannou

Tél. : + 33 1 46 73 48 72

Email : johann.rannou@onera.fr

Directeur de thèse

Nom : François-Xavier Irisarri

Laboratoire : ONERA/DMAS

Tél. : + 33 1 46 73 45 20

Email : francois-xavier.irisarri@onera.fr

Co-directeur de thèse

Nom : Boris Desmorat

Laboratoire : Institut d'Alembert -
UPMC/CNRS UMR 7190

Tél. +33 1 44 27 71 90

Email :

boris.desmorat@sorbonne-universite.fr

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