

**Master thesis and internship[BR]- Master's thesis : Topology Optimization of
Fixture Clamping Locations for Machining Processes[BR]- Integration internship**

Auteur : Adler, Joé

Promoteur(s) : Salles, Loïc

Faculté : Faculté des Sciences appliquées

Diplôme : Master en ingénieur civil en aérospatiale, à finalité spécialisée en "aerospace engineering"

Année académique : 2024-2025

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/23334>

Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.

Topology Optimization of Fixture Clamping Locations for Machining Processes

Joé Adler

Supervisor - Loïc Salles
Master of Science in Aerospace Engineering
Université de Liège
Academic year 2024-2025

Abstract

This work addresses the optimization of fixture clamping locations to minimize workpiece deformation under prescribed external machining forces. The approach employs finite element analysis (FEA), introducing bar elements on the exterior surface of a 3D tetrahedral workpiece mesh. The design variables are the densities of these bar elements, formulated using the SIMP homogenization method. A linear static analysis is used to evaluate the objective function. The algorithm, implemented in Python, includes finite element assembly and sensitivity analysis. Optimization is performed using a prewritten Python module that implements the Method of Moving Asymptotes (MMA). To improve computational efficiency, the Guyan-Irons method is successfully applied, reducing the system by keeping only relevant degrees of freedom (DOFs), thus significantly reducing computation time. The framework is demonstrated on two test cases: a simple academic example involving a cylindrical workpiece under point loading, and a more realistic turbine impeller subjected to a machining tool path. The effect of physical and numerical parameters on the optimal solution is investigated to reduce intermediate density values. Since tetrahedral elements are not ideal for high-accuracy simulations, this work is intended as a proof-of-concept.

Representative illustrations

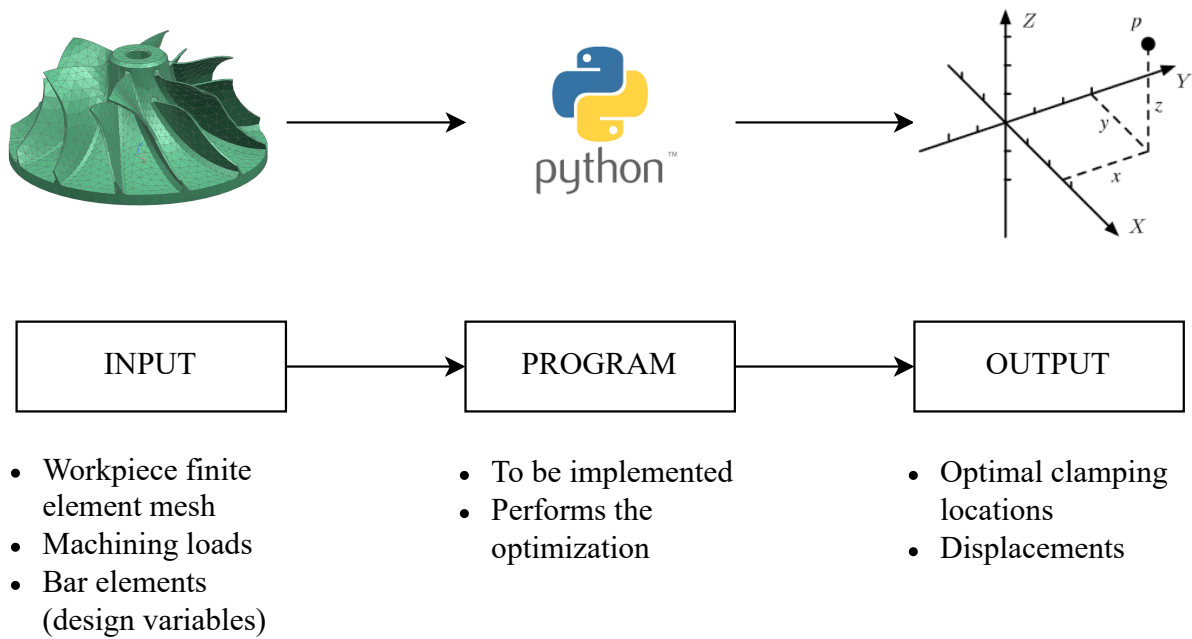


Figure 1: Schematic illustrating the general idea of the code, highlighting key inputs and outputs.

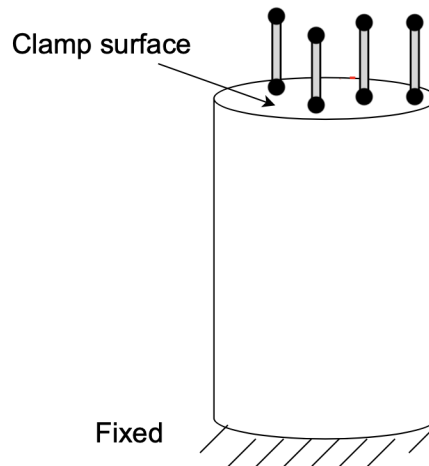
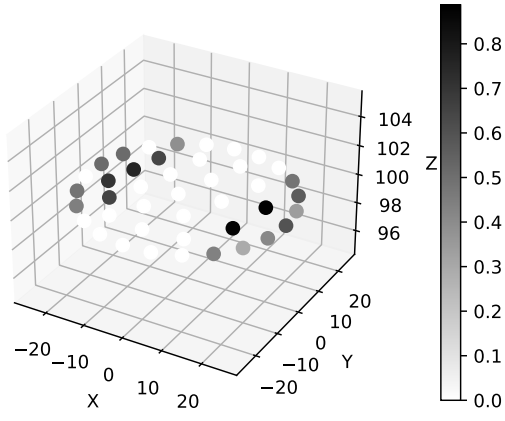
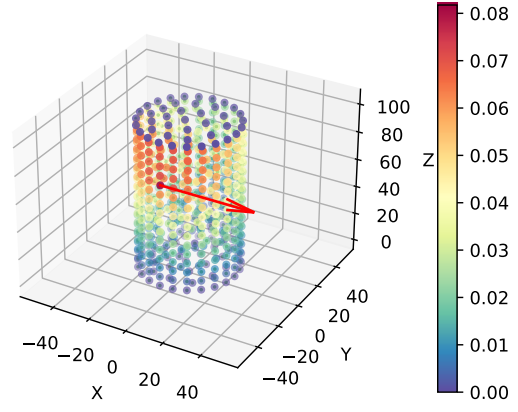


Figure 2: Schematic of the current strategy for optimizing the clamping locations.

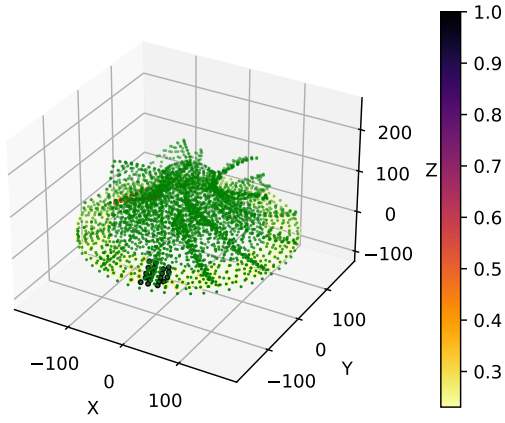


(a) Optimal distribution.

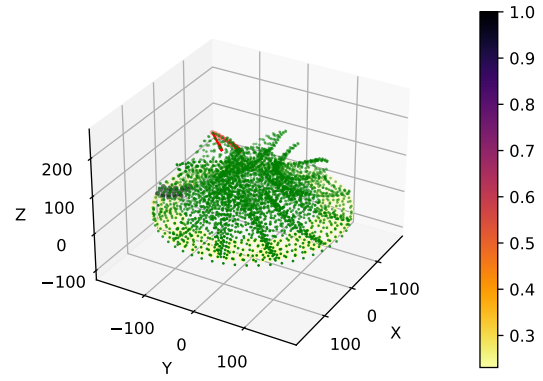


(b) Displacement field.

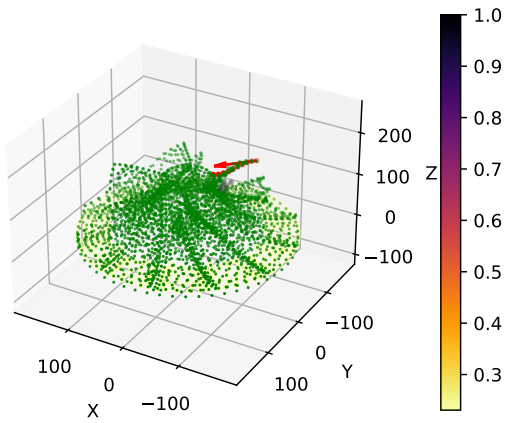
Figure 3: Optimal clamping point distribution and associated displacement field for the first load case. All dimensions in [mm].



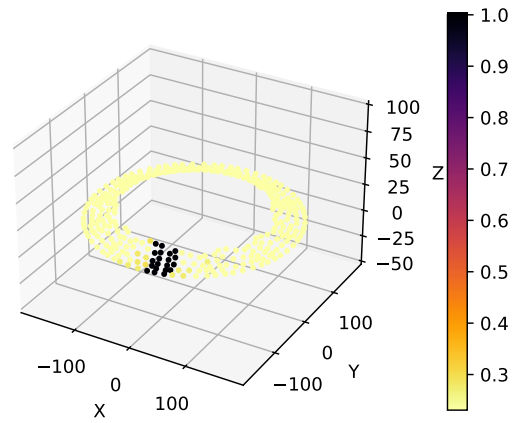
(a) First view.



(b) Second view.



(c) Third view.



(d) View without the mesh.

Figure 4: Optimal clamping point distribution for the impeller workpiece undergoing a machine tool path. All dimensions in [mm].