

**Master thesis and internship[BR]- Master's thesis : Numerical simulations of non-destructive testing procedure by shearography and thermography[BR]- Integration internship**

**Auteur :** Saint-Mard, Nicolas

**Promoteur(s) :** Noels, Ludovic

**Faculté :** Faculté des Sciences appliquées

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

**Année académique :** 2020-2021

**URI/URL :** <http://hdl.handle.net/2268.2/11520>

---

*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.*

---

---

# Numerical simulations of non-destructive testing procedure by shearography and thermography

SAINT-MARD Nicolas

---

Master in Aerospace Engineering - Academic year 20220-2021  
University of Liège - School of Engineering and Computer Science

Internship supervisor: HOFFAIT Sébastien  
Academic supervisor: NOELS Ludovic  
External supervisor: GEORGES Marc (CSL)

## *Abstract*

The intrinsic structure of composites can lead to defects decreasing their reliability and their in-mission security. Numerical simulations aiming to improve and support defect detection are envisaged in this work. More precisely, shearography and thermography as non-destructive detection methods are being modeled here. Two defect types are considered: delamination and porosity. Detection is investigated with external thermal excitation, leading to thermal and mechanical analysis in simulations.

Firstly, an overview of composites, their defects and non-destructive techniques is addressed. Secondly, prerequisites for simulations like governing equations and assumptions made, the heater characterization, and the numerical scheme used for the transient thermal problem resolution are exposed. Then, defect numerical models are constructed and studied. Delamination and porosity are the two types of defects considered. Numerical models for the delamination covered true delamination and artificial delamination like the physic insert and flat bottom hole models. The porosity model is represented by a few flat bottom holes localized in a small region. Finally, an experimental approach compared with numerical results is used as a validation method.

Different delamination models are developed and they show pretty well concordances between them, except for the Teflon layer (type of physic insert) model for which the mechanical response was not expected or at least, suggests a further study to determine its validity. The porosity model showed difficulties in this kind of defect detection. Finally, the experimental approach enabled to see that numerical and experimental results were similar but that some efforts on parameter updating remain to be made. Mainly the characterization of the lamp that irradiates a highly non-homogeneous flux.