

# THESE DE DOCTORAT

NANTES UNIVERSITE (1)

ECOLE DOCTORALE N° 602

Sciences de l'Ingénierie et des Systèmes

Spécialité : « Mécanique des Structures » (3)

Par

« **Mathias RIOU** » (4)

« **Assimilation de données avec base réduite : Application à la surveillance en statique et en fatigue d'une structure composite navale instrumentée par fibre optique.** » (5)

Thèse présentée et soutenue à « Nantes », le « 18/12/2024 » (6)

Unité de recherche : Institut de Recherche en Génie Civil et Mécanique (GeM), UMR CNRS 6183 (7)

## Rapporteurs avant soutenance :

Angela Vincenti      Professeur des Universités, UPMC, Sorbonne Université (8)  
Eric Florentin      Professeur des Universités, LaMé, INSA Centre Val de Loire (8)

## Composition du Jury :

*Attention, en cas d'absence d'un des membres du Jury le jour de la soutenance, la composition du jury doit être revue pour s'assurer qu'elle est conforme et devra être répercutée sur la couverture de thèse*

Président :	Prénom Nom	Fonction et établissement d'exercice (8) (à préciser après la soutenance)
Examineurs :	Angela Vincenti	Professeur des Universités, UPMC, Sorbonne Université (8)
	Eric Florentin	Professeur des Universités, LaMé, INSA Centre Val de Loire (8)
	François Louf	Professeur des Universités, LMPS, ENS Paris Saclay (8)

Dir. de thèse :	Dominique Leduc	Maître de conférence HDR, GeM, Nantes Université (8)
Co-dir. de thèse :	Mathilde Chevreuil	Maître de conférence, GeM, Nantes Université (8) (si pertinent)

## Invité(s)

Cédric Leblond      Docteur Ingénieur de recherche, Naval Group, Nantes

**Titre :** Assimilation de données avec base réduite : Application à la surveillance en statique et en fatigue d'une structure composite navale instrumentée par fibre optique.

**Mots clés :** SHM, Assimilation de données, Structure composite, FBG, EIM.

**Résumé :** La surveillance des structures est un enjeu important pour détecter puis localiser d'éventuels défauts ou anomalies de comportement afin d'en prédire l'impact structurel. En vue de mettre en place une maintenance prédictive plutôt que systématique, le suivi en temps réel de l'état de santé des structures (SHM, Structural Health Monitoring) pour évaluer l'intégrité des structures et leur durabilité est recommandé. Le SHM fait face à des verrous scientifiques variés : choix de la mesure et de la technologie du capteur à mettre en œuvre, façon d'embarquer cette mesure et de la transmettre, organisation des données et analyse et leur exploitation. Ces travaux portent sur l'application de l'assimilation de données à la surveillance en temps réel de l'état structurel d'une pièce d'équipement naval en matériau composite.

Cet équipement est instrumenté par des capteurs de déformation fibre optique à réseaux de Bragg, pour capter localement les déformations de la structure. La méthode d'interpolation empirique (EIM), méthode de réduction de modèle et d'assimilation de la donnée, est utilisée pour traduire les mesures locales en une reconstruction de champ globale sur la structure. En effet, elle permet à la fois d'optimiser la position des capteurs en tenant compte des contraintes techniques dues à l'utilisation de la fibre optique et à la fois d'interpréter les mesures pour évaluer le champ des déformations sur toute la structure. Cependant elle se limite à la reconstruction des variables mesurées ou à des fonctions linéaires de ces dernières, c'est pourquoi une méthode d'interpolation empirique modifiée est proposée pour reconstruire le champ des contraintes, qui n'est pas une fonction linéaire du champ partiellement mesuré des déformations.

**Title :** Data assimilation with reduced basis: Application to statistic and fatigue monitoring of a FBG instrumented naval composite structure.

**Keywords :** SHM, data assimilation, composite structure, FBG, EIM.

**Abstract :** Structural health monitoring is an important tool for detecting and locating faults and behavioural anomalies in order to predict their structural impact. With a view to implementing predictive rather than systematic maintenance, real-time structural health monitoring (SHM) is recommended to assess structural integrity and durability. SHM faces a number of scientific challenges, including the choice of measurement and sensor technology to be used, the way in which the measurement is embedded and transmitted, the organisation of the data and its analysis and use. This work concerns the application of data assimilation to real-time monitoring of the structural state of a piece of composite material naval equipment.

This equipment is instrumented with Bragg grating fibre optic strain sensors, to locally capture the strain of the structure. The Empirical Interpolation Method (EIM), a model reduction and data assimilation method, is used to translate the local measurements into a global information. It is used both to optimise the position of the sensors, taking into account the technical constraints of using fibre optics, and to interpret the measurements in order to assess the strain field over the entire structure. However, it is limited to the reconstruction of measured variables or linear functions of these variables, which is why a modified empirical interpolation method is proposed to reconstruct the stress field, which is not a linear function of the partially measured