

THÈSE DE DOCTORAT

Quentin DEZULIER

NANTES UNIVERSITE

ECOLE DOCTORALE N° 602

Sciences pour l'Ingénieur

Spécialité : Génie mécanique et science des matériaux

Etude du couplage entre diffusion d'eau et comportement mécanique de matériaux composites en milieu marin

Thèse présentée et soutenue en vue de l'obtention du grade de Docteur de Nantes Université, à Saint-Nazaire, le 09/09/2022

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

Composition du Jury :

| | | |
|--------------------|--|--|
| Rapporteurs : | Yoann Joliff Philippe Olivier | Maître de conférences HDR, Université de Toulon Professeur des Universités, Université de Toulouse |
| Examineurs : | Pascal Casari Xavier Colin Stéphanie Mallarino | Professeur des Universités, Nantes Université Professeur des Universités, ENSAM Paris Maîtresse de conférences, La Rochelle Université |
| Dir. de thèse : | Frédéric Jacquemin | Professeur des Universités, Nantes Université |
| Co-dir. de thèse : | Peter Davies | Ingénieur de recherche HDR, Ifremer, Brest |
| Co-encadrant : | Alexandre Clément | Maître de conférences, Nantes Université |

Titre : Etude du couplage entre diffusion d'eau et comportement mécanique de matériaux composites en milieu marin

Mots clés : Vieillissement des matériaux composites ; diffusion d'eau ; couplage hygro-mécanique

Résumé : Les matériaux composites sont fréquemment retrouvés dans le secteur naval et dans les énergies marines renouvelables respectivement pour des applications coques et pales, ayant pour avantages principaux un gain de poids et une résistance à la corrosion vis-à-vis des matériaux métalliques. Cependant leur comportement mécanique à long-terme est encore peu maîtrisé lorsque l'on aborde les notions de couplage hygro-mécanique. Le premier chapitre de ce manuscrit vise à poser le contexte industriel et scientifique qui gravite autour de ce projet. Le second chapitre expose la méthodologie d'étude et les dispositifs expérimentaux utilisés pour répondre aux problématiques scientifiques explicitées

précédemment. Le troisième chapitre présente les comportements diffusifs et mécaniques de manière distinctes, avant d'étudier l'influence du vieillissement en milieu humide sur le comportement mécanique quasi-statique. Le chapitre suivant introduit la notion de viscoélasticité en étudiant expérimentalement et numériquement le fluage de matériaux époxy renforcés ou non par des fibres synthétiques, à l'état sec mais également à l'état vieilli. Enfin, ce manuscrit recense les travaux menés autour du fluage à long-terme *in-situ* pour examiner le couplage hygromécanique sur des éprouvettes spécifiques utilisées sur des bancs d'essais innovants.

Title : Study of the coupling between water diffusion and mechanical behavior of composite materials in marine environment

Keywords : Composite materials ageing ; water diffusion ; hygro-mechanical coupling

Abstract : Composite materials are frequently found in the naval and renewable marine energy sectors for hull and blade applications respectively, having for main advantages a weight saving and a corrosion resistance compared to metallic materials. However, their long-term mechanical behavior is still poorly understood when dealing with the notions of hygro-mechanical coupling. The first chapter of this manuscript aims at setting the industrial and scientific context of this project. The second chapter presents the study methodology and the experimental devices used to investigate the scientific problems explained above.

The third chapter presents the diffusive and mechanical behaviors separately, before studying the influence of aging in wet environment on the quasi-static mechanical behavior. The next chapter introduces the notion of viscoelasticity by studying experimentally and numerically the creep of epoxy materials reinforced or not by synthetic fibers, in both dry and aged states. Finally, this manuscript exposes the work carried out on the long-term creep in water to examine the hygro-mechanical coupling on specific specimens used on innovative test benches.