

DOCTORAT
BRETAGNE SCIENCES
LOIRE / POUR L'INGENIEUR

 **Nantes
Université**

THESE DE DOCTORAT DE

29/11/2022

NANTES UNIVERSITE

ECOLE DOCTORALE N° 602

Sciences pour l'Ingénieur

Spécialité : Energétique – Thermique - Combustion


  Pôle Sciences et technologie
Nantes Université

La Chantrerie - Rue Christian Pauc
CS 50609 - 44306 NANTES CEDEX 3

Par

Ziad MAKSSASSI

**Effect of bio-colonization on the thermal behavior of dynamic electrical
cables of floating wind turbines**

Thermal characterization of biofouling and a thermal method to monitor its growth

Thèse présentée et soutenue à Nantes, le 3 février 2023

Unité de recherche : Laboratoire de Thermique et Energie de Nantes (UMR 6607)

Rapporteurs avant soutenance:

Jean-Luc HARION Professeur de l'école des Mines, IMT Nord Europe (Douai), LGCgE
Tahar LOULOU Professeur des Universités, Université de Bretagne Sud, IRDL, UMR CNRS UMR 6027

Composition du Jury:

Anne-Claire BENNIS Professeur des Universités, Université de Caen Normandie, M2C CNRS UMR 6143

Dir. de thèse : Ahmed GUELED Maître de Conférences, Nantes Université, LTEN CNRS UMR 6607
Co-dir. de thèse : Franck SCHOEFS Professeur des Universités, Nantes Université, GeM CNRS UMR 6183
Co-encadrant : Bertrand GARNIER Chargé de Recherche CNRS, Nantes Université, LTEN, UMR 6607, Nantes

Titre : Effet de la bio-colonisation sur le comportement thermique des câbles électriques dynamiques des éoliennes flottantes

Mots clés : câble dynamique électrique ; caractérisation thermique du biofouling ; conductivité thermique effective ; les énergies marines renouvelables ; éolienne offshore flottante

Résumé : Les projets d'éoliennes flottantes se développent à l'échelle mondiale de manière prometteuse. Un de leurs composants clés est le câble dynamique de puissance permettant le raccordement des éoliennes à leur sous-station électrique et au réseau énergétique sous-marin. Parmi les effets les moins connus et qui peut être les plus impactant figure la bio colonisation. On entend par bio colonisation le développement de concrétions marines (algues, moules, huîtres) qui peuvent atteindre plusieurs dizaines de centimètres d'épaisseur. Par l'effet d'écran thermique, de masse additionnelle et de modification de la rugosité, la bio colonisation va impacter le comportement du câble dynamique. Parmi les effets majeurs on note les sollicitations hydrodynamiques modifiant la tenue en situation de tempête ou de fatigue et d'autre part on a les effets thermiques autour du câble. Compte tenu de la variété des éléments du câble (modules de flottabilité, raidisseurs) et de la variété des environnements biologiques, la modélisation de ce phénomène reste un challenge.

Il est donc nécessaire de comprendre le rôle de la bio colonisation, dans sa variabilité, pour concentrer des études sur des composants particuliers. Cette thèse se concentre sur l'effet thermique des moules sur le câble électrique dynamique. Les caractéristiques thermiques pour différents âges des moules ont été mesurées et leur effet thermique autour du câble électrique dynamique a été simulé. De plus, une méthode originale de surveillance de la croissance de la bio colonisation autour du câble électrique sous-marin dynamique a été introduite à l'aide d'un capteur thermique original. Ce travail a été réalisé dans le cadre du projet BIODYTHERM financé par WEAMEC, West Atlantic Marine Energy Community, et avec un financement du Pays Région de la Loire. Il fait également partie du projet OMDYN-2 : Ombilicux dynamiques pour les énergies marines renouvelables flottantes accordé par France Energies Marines et l'Agence nationale de la recherche.

Title : Effect of bio-colonization on the thermal behavior of dynamic electrical cables of floating wind turbines

Keywords : electric dynamic cable; thermal characterization of biofouling; effective thermal conductivity; marine renewable energies; floating offshore wind turbine

Abstract : Floating wind turbine projects are developing on a global scale in a promising way. One of their key components is the dynamic power cable allowing the connection of the wind turbines to their electrical substation and to the underwater energy network. Among the least known effects and which can be the most impacting is biocolonization. By biocolonization we mean the development of marine concretions (seaweed, mussels, oysters) which can reach several tens of centimeters in thickness. By the effect of heat shield, additional mass and modification of the roughness, the bio colonisation will impact the behavior of the dynamic cable. Among the major effects we note the hydrodynamic stresses modifying the behavior in stormy or fatigue situations and on the other hand we have the thermal effects around the cable. Given the variety of cable elements (buoyancy modules, stiffeners) and the variety of biological environments, modeling this phenomenon remains a challenge.

It is therefore necessary to understand the role of biocolonization, in its variability, to integrate studies on particular components. This thesis focuses on the thermal effect of biocolonisation (mussels) on the dynamic electric cable. The thermal characteristics for different ages of the mussels were measured and their thermal effect around the dynamic electric cable was simulated. Moreover, an original method for monitoring the growth of biocolonization around the dynamic underwater electric cable has been proposed using an original thermal sensor. This work was carried out within the framework of the BIODYTHERM project funded by WEAMEC, West Atlantic Marine Energy Community, and with funding from Pays Région de la Loire. It is also part of the OMDYN-2 project: Dynamic umbilicals for floating marine renewable energies granted by France Energies Marines and the National Research Agency.