

# AVIS DE SOUTENANCE DE THÈSE

**Alexandre HAUCK**

CANDIDAT(E) au DOCTORAT CHIMIE,  
à **L'UNIVERSITÉ DE PAU ET DES PAYS DE L'ADOUR**  
SOUTIENDRA PUBLIQUEMENT sa THÈSE

le **18 décembre 2019 à 10h30**  
à **L'UNIVERSITÉ DE PAU ET DES PAYS DE L'ADOUR**  
**Amphithéâtre de l'IPREM**

SUR LE SUJET SUIVANT :

**"Maîtrise des propriétés de carbonisation de fibres de cellulose : réalisation de fibres de carbone à haut rendement de carbonisation et propriétés mécaniques améliorées"**

JURY :

Laurent BILLON, Professeur des Universités, UNIVERSITÉ DE PAU ET DES PAYS DE L'ADOUR  
Sylvie BONNAMY, Directeur de Recherche CNRS, UNIVERSITÉ D'ORLEANS  
Christian CARROT, Professeur des Universités, UNIVERSITÉ DE SAINT-ETIENNE  
Christophe DERAÏL, Professeur des Universités, UNIVERSITÉ DE PAU ET DES PAYS DE L'ADOUR  
Céline LARGEAU, Ingénieur, IRT JULES VERNE  
Célia MERCADIER, Ingénieur, PLATEFORME CANOE  
Philippe POULIN, Directeur de Recherche CNRS, UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

Pau, le 12 décembre 2019

Le Président et,  
Par délégation, la Vice-Présidente de la Commission de la  
Recherche

p.o. Isabelle BARAILLE

## Résumé thèse

**Titre** : Maîtrise des propriétés de carbonisation de fibres de cellulose : réalisation de fibres de carbone à haut rendement de carbonisation et propriétés mécaniques améliorées

**Nom du doctorant** : HAUCK Alexandre

**Directeurs de thèse** : BILLON Laurent et DERAÏL Christophe

**Laboratoire d'accueil** : IPREM

### **Résumé en français:**

La baisse des émissions de CO<sub>2</sub>, gaz à effet de serre, est un des défis majeurs de notre décennie. Un des domaines les plus sensibles à ce challenge est le secteur automobile. Pour preuve, des normes européennes stipulent que les nouvelles voitures circulant en 2020 en Europe ne devront émettre que 95 g.km<sup>-1</sup> de CO<sub>2</sub> contre 135 g.km<sup>-1</sup> actuellement. L'une des solutions pour diminuer ces émissions est l'allègement des structures en utilisant notamment des matériaux composites comprenant des fibres de carbone au lieu des fibres de verre, plus lourdes. Or, un obstacle conséquent à l'utilisation des fibres de carbone est leurs coûts. C'est ainsi que projet FORCE qui vise à produire des fibres de carbone à un prix inférieur à 8 €.kg<sup>-1</sup> contre un prix moyen actuel de 14 à 16 €.kg<sup>-1</sup> pour des fibres de carbone conventionnelles. Pour atteindre cet objectif, l'utilisation d'un précurseur alternatif bio-sourcé et moins cher, la cellulose, a été considérée. Toutefois, les fibres de carbone ex-cellulose souffrent de deux inconvénients : un faible rendement de carbonisation et de faibles propriétés mécaniques. L'objectif de cette thèse est donc de réaliser des fibres de carbone avec un rendement de 25 %, un module d'Young de 250 GPa et une contrainte maximale de 2500 MPa. Cette thèse se décompose en trois parties majeures, chacune représentant une échelle d'analyse, allant du laboratoire en réalisant des simulations de carbonisations et l'échelle semi-industrielle en produisant des fibres de carbone sur une ligne de près de 50 m en passant par une échelle intermédiaire avec un four de carbonisation statique d'un mètre permettant de comprendre les phénomènes s'y produisant.

### **Résumé en anglais :**

The decrease of CO<sub>2</sub> emissions, greenhouse gases, is one of the major challenges of our decade. One of the most sensitive areas for this challenge is the automotive sector. As a proof, European standards stipulate that the new cars circulating in 2020 in Europe will emit only 95 g.km<sup>-1</sup> of CO<sub>2</sub> against 135 g.km<sup>-1</sup> currently. One of the solutions to reduce these emissions is the lightening of the structures by using in particular composite materials containing carbon fibers instead of heavier glass fibers. However, a significant obstacle to the use of carbon fibers is their costs. This is how the FORCE project was born, which aims to produce carbon fibers at a price of less than 8 €.kg<sup>-1</sup> compared to an average current price of 14 to 16 €.kg<sup>-1</sup> for conventional carbon fibers. To achieve this goal, the use of a bio-sourced and cheaper alternative precursor, cellulose, has been considered. However, the cellulose carbon fibers suffer from two disadvantages: a low carbonization yield and low mechanical properties. The objective of this thesis is to realize carbon fibers with a yield of 25 %, a Young's modulus of 250 GPa and a maximum stress of 2500 MPa. This thesis breaks down into three major parts, each representing a scale, ranging from the laboratory by performing simulations of carbonizations and on a semi-industrial scale by producing carbon fibers over a line of nearly 50 m through an intermediate scale with a one-meter static carbonization furnace to understand the phenomena occurring there.