

# THESE DE DOCTORAT

NANTES UNIVERSITE

ECOLE DOCTORALE N° 602

*Sciences de l'Ingénierie et des Systèmes*

Spécialité : « Energétique, thermique, combustion »

Par

**Thomas NAUDIN**

**Etude des effets de la micro-gravité sur l'atomisation de gouttes de carburants alternatifs émulsionnés**

Thèse présentée et soutenue à « Nantes », le « 19/06/2024 »

Unité de recherche : Laboratoire de Thermique et Energie de Nantes (LTeN)

## Rapporteurs avant soutenance :

Michel GRADECK      Professeur des Universités, Université de Lorraine  
Benoit STUTZ      Professeur des Universités, Université Savoie Mont Blanc

## Composition du Jury :

Président :	Prénom Nom	<i>(à préciser après la soutenance)</i>
Examineurs :	Jocelyn BONJOUR	Professeur des Universités, INSA Lyon
	David BRUTIN	Professeur des Universités, Aix-Marseille Université
	Raffaëla CALABRIA	Directrice de recherche émérite, CNR-STEMS, Naples
Dir. de thèse :	Jérôme BELLETTRE	Professeur des Universités, Nantes Université
Co-dir. de thèse :	Patrizio MASSOLI	Directeur de recherche, CNR-STEMS, Naples
Co-enc. de thèse :	Dominique TARLTET	Maître de Conférences HDR, Nantes Université

**Titre :** Etude des effets de la micro-gravité sur l'atomisation de gouttes de carburants alternatifs émulsionnés

**Mots clés :** Changement de phase, micro-explosion, diagnostics optiques, micro-gravité, convection, effet Marangoni

**Résumé :** L'intérêt de l'émulsification de combustibles à l'aide d'eau réside dans l'amélioration de la qualité de la combustion (et donc dans la réduction d'émissions de polluants) à travers une atomisation secondaire de la goutte nommée micro-explosion. Ce phénomène ayant une probabilité de réalisation dépendant de plusieurs paramètres, l'étude de l'impact de chacun de ces facteurs sur l'occurrence de la micro-explosion est fondamentale. L'objectif des travaux présentés dans ce manuscrit consiste à améliorer la compréhension du phénomène de micro-explosion. Pour se faire, l'étude du comportement de la phase aqueuse dispersée sous forme de fines gouttelettes durant la période de montée en température de la goutte dite "mère" est réalisée. Il en ressort que la coalescence de la phase dispersée semble être

un facteur permettant d'améliorer la qualité et la probabilité d'apparition de la micro-explosion. Le comportement de la phase dispersée semble également être dépendant du « brassage liquide » interne induit par des mécanismes de convection naturelle. C'est à cette fin que des diagnostics optiques basés sur la Fluorescence Induite par Laser ont été implémentés, afin de permettre la visualisation du champ de température à l'intérieur d'une goutte et de détecter la présence ou non d'éventuels gradients de températures. Enfin, un banc expérimental automatisé ayant pour but d'être utilisé en condition de micro-gravité a été développé. Les expériences réalisées ont apporté des éléments de preuves confirmant la prédominance des effets de tension de surface sur l'écoulement à l'intérieur de la goutte.

**Title :** Study of the effects of micro-gravity on alternative emulsified fuels atomization

**Keywords :** Phase change, micro-explosion, optical diagnostics, micro-gravity, convection, Marangoni effect

**Abstract :** The interest in fuel emulsification using water lies in improving combustion quality (and reducing pollutant emissions) through secondary atomization of the droplet, known as micro-explosion. As this phenomenon's likelihood depends on several parameters, studying the impact of each of these factors on micro-explosion occurrence is crucial. The aim of the work presented in this manuscript is to enhance understanding of the micro-explosion phenomenon. To achieve this, the study examines the behavior of the dispersed aqueous phase in the form of fine droplets during the heating period of the so-called "mother" droplet. It appears that the coalescence of the dispersed phase seems to be a factor improving the quality and

likelihood of micro-explosion occurrence. Additionally, the behavior of the dispersed phase seems to depend on internal liquid stirring induced by natural convection mechanisms. With this perspective, optical diagnostics based on Laser-Induced Fluorescence have been implemented to visualize the temperature field inside a droplet and detect any temperature gradients. Finally, an automated experimental setup intended for use in microgravity conditions has been developed. The experiments provided evidence confirming the predominance of surface tension effects on the flow inside the droplet.