

Soutenance de thèse

Lorenzo BYRDE soutiendra sa thèse de doctorat, préparée au sein de l'équipe d'accueil doctoral ISAE-ONERA EDyF et intitulée «*Étude expérimentale de l'atomisation et de la combustion de prototypes de monergols verts ioniques pour une application à la propulsion satellite*»

Le 19 juillet 2023 à 9h00, salle des thèses ISAE-SUPAERO

devant le jury composé de

M. Jérôme ANTHOINE	Directeur de recherche ONERA	Directeur de thèse
M. Marc BELLENOUE	Professeur Université de Poitiers	Rapporteur
M. Laurent CATOIRE	Professeur ENSTA Paris	Rapporteur
M. Nicolas PELLETIER	Docteur ONERA	Co-directeur de thèse

Résumé : La mise et le maintien à poste des satellites sont encore largement réalisés à l'aide de propulseurs chimiques tels que les moteurs bi-liquides NTO/MMH (tetroxyde d'azote / monométhylhydrazine) et les moteurs catalytiques à hydrazine. Toutefois, en raison de son caractère CMR (Cancérogène, Mutagène, Reprotoxique) suspecté chez l'homme, l'Agence Européenne des produits CHimiques (ECHA) a placé l'hydrazine sur la liste des « substances très préoccupantes » via le processus REACH (Registration, Evaluation, Autorisation and restriction of Chemicals). Afin de trouver un remplaçant à ce produit énergétique de nombreux pays ont décidé de rechercher de nouveaux systèmes propulsifs chimiques "verts", c'est-à-dire à toxicité réduite, et présentant des performances accrues, notamment à base de Liquides Ioniques Energétiques (LIE). En France, c'est particulièrement le cas du CNES et de l'ONERA qui ont lancé en 2016 un « Projet d'Intérêt Commun Propulsion Monergol Vert » (PIC PMV). Le présent travail de thèse s'inscrit dans ce projet et poursuit les travaux notamment initiés par Quentin Levard dans sa thèse : « Étude expérimentale et numérique de la décomposition d'un liquide ionique énergétique pour le développement d'un propulseur à monergol vert ». Dans ce travail de thèse nous reprenons cette recherche en nous focalisant sur les deux axes capitaux présents lors de l'allumage et la combustion d'un spray : l'atomisation non-réactive et l'allumage de gouttes isolées. Ainsi, concernant l'étude de l'atomisation, nous avons développé un banc permettant la mesure simultanée de la granulométrie et de l'angle de spray en fonction de la pression d'injection. Enfin, nous avons comparé ces résultats granulométriques avec des relations empiriques issues de la littérature afin de tenter de parvenir à une prédiction fiable de ceux-ci. Ensuite, concernant l'étude de l'allumage et de la combustion de gouttes isolées, nous avons là-aussi développé un banc permettant la visualisation synchrone et superposable de l'allumage d'une goutte en UV et visible. Ce banc nous a notamment permis de confirmer de façon univoque la combustion de monergol vert ainsi que le type de flamme engendré. Pour conclure, nous avons utilisé les connaissances acquises au travers de ces deux axes pour concevoir et mettre à feu un prototype de chambre de combustion à monergol vert ionique.

Mots-clés : Monergol, Ionique, Atomisation, Combustion, Propulsion, Expérimental

Summary: The positioning and maintenance of satellites are still largely carried out using chemical thrusters such as NTO/MMH (nitrogen tetroxide / monomethylhydrazine) bi-liquid engines and hydrazine catalytic engines. However, due to its suspected Carcinogenic, Mutagenic, and Reprotoxic (CMR) properties in humans, the European CHemicals Agency (ECHA) has placed hydrazine on the list of "substances of very high concern" via the REACH (Registration, Evaluation, Authorisation and

restriction of Chemicals) process. In order to find a replacement for this energetic product, many countries have decided to search for new "green" chemical propulsion systems, i.e. with reduced toxicity and improved performance, notably based on Energetic Ionic Liquids (EIL). In France, this is particularly the case for CNES and ONERA, who launched a "Green Monopropellant Propulsion Common Interest Project" (PIC PMV) in 2016. This thesis work is part of this project and continues the work initiated in particular by Quentin Levard in his thesis: "Experimental and Numerical Study of the Decomposition of an Energetic Ionic Liquid for the Development of a Green Monopropellant Thruster". In this thesis work, we resume this research by focusing on the two key axes present during the ignition and combustion of a spray: the non-reactive atomisation and the ignition of isolated droplets. Regarding the non-reactive atomisation, we have developed a bench allowing the simultaneous measurement of the droplet size distribution and the spray angle as a function of the injection pressure. Finally, we have compared these droplet size distribution results with empirical relationships from the literature to attempt to achieve a reliable prediction of these. Next, regarding the study of ignition and combustion of isolated droplets, we have also developed a bench allowing the synchronous and super-imposable visualisation of the ignition of a droplet in UV and visible light. This bench has notably allowed us to unambiguously confirm the combustion of green monopropellant as well as the type of flame generated. To conclude, we have used the knowledge acquired through these two axes to design and ignite a prototype of an ionic green monopropellant combustion chamber.

Keywords: Monopropellant, Ionic, Atomisation, Combustion, Propulsion, Experimental

