

## Invitation à la soutenance de thèse

### DEVELOPMENT OF MODULAR STEPPED DESIGN METHODOLOGY ENABLING HIGH REGRESSION RATES ON HYBRID ROCKET ENGINES

Christopher GLASER

**29 novembre 2023 à 14:00**

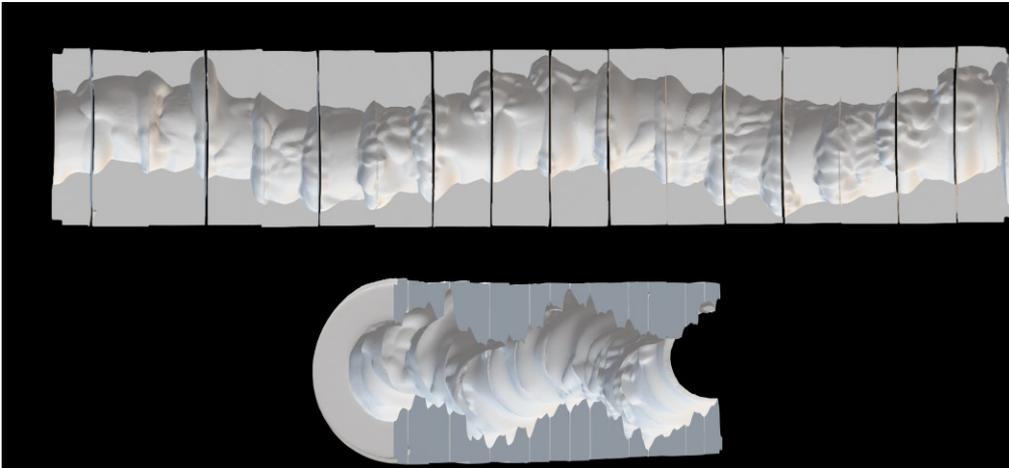
Salle des thèses de l'ISAE-Supaéro  
10 Av. Edouard Belin, 31400 Toulouse

#### Devant le jury composé de :

Stephen Whitmore	Utah State University	Rapporteur
Daniele Bianchi	University of Rome «La Sapienza»	Rapporteur
Stefan Schlechtriem	DLR/ University of Stuttgart	Examineur
Grégoire Casalis	ISAE-SUPAERO	Examineur
Jérôme Anthoine	ONERA	Directeur de thèse
Jouke Hijlkema	ONERA	Co-directeur de thèse

#### Abstract

In this thesis, a novel scalable design methodology is developed that allows to increase the regression rate of hybrid rocket engines. It consists of multiple fuel grain segments with individual characteristics (port size, length and angular displacement) that are assembled. Thereby, a fuel grain shape is approximated with steps that otherwise would need to be 3D-printed. Moreover, the steps introduce recirculation zones that increase mixing and convective heat transfer. Consequently, the regression rate increases. Two types of multi-step designs are investigated in this thesis. The first category are semi-optimized fuel port geometries that are constructed using a genetic algorithm in an attempt to also reduce oxidizer-to-fuel (O/F) ratio shift as a secondary goal. The regression rate increases by up to 81%. However, the secondary goal of minimizing O/F-shift could not be conclusively proven. The second multi-step design is the Stepped Helix Hybrid Rocket Engine (STEPHHY). It combines the known high regressing characteristics of helical fuel ports with the increased convective heat transfer of steps. STEPHHY can increase the regression rate by 245%, whereas comparable designs of helical fuel ports without steps “only” yield +100%. This proves the high potential of the combination of helical fuel ports and steps.



3D-scan of STEPHHY after test firing

## Keywords

hybrid rocket engine, regression rate enhancement, multi-step design, helical fuel grains

## Résumé

Dans cette thèse, une nouvelle méthodologie de conception d'un bloc de combustible basé sur des marches et augmentant la vitesse de régression a été développée. Elle consiste à assembler de multiples blocs de combustible ayant des configurations différentes (diamètre du canal, longueur, position angulaire). La géométrie interne du combustible est alors approximée par des marches évitant le recours à de l'impression 3D. De plus, ces dernières introduisent des zones de recirculations qui augmentent le mélange entre les réactifs et les transferts thermiques par convection, conduisant alors à un accroissement de la vitesse de régression. Deux formes des combustibles ont été conçues pendant cette thèse. La géométrie de la première est semi-optimisée et déterminée à l'aide d'un algorithme génétique dans le but de réduire également la variation du rapport de mélange. Elle montre un accroissement de la vitesse de régression jusqu'à 81%. Toutefois, la minimisation de la variation du rapport de mélange n'a pas pu être démontrée de manière concluante. La géométrie de la seconde forme est une hélice étagée (STEPHHY). Elle combine la régression élevée des géométries hélicoïdales avec l'augmentation des transferts convectifs apportée par les marches. STEPHHY permet d'augmenter la vitesse de régression de 245% alors que les géométries hélicoïdales seules ne permettent une augmentation que de 100%. Les essais réalisés démontrent ainsi le potentiel élevé de la combinaison entre une géométrie hélicoïdale et des marches.