

Invitation à la soutenance de thèse

AGGLOMÉRATION DE L'ALUMINIUM DANS LES PROPERGOLS SOLIDES – ÉTUDE DES PHENOMENES PHYSIQUES ASSOCIES PAR OMBROSCOPIE ET SIMULATION NUMERIQUE

Thomas Decker

04 avril 2024 à 14h
Salle Marcel Pierre, Onera Palaiseau

Devant le jury composé de :

Fabien HALTER	Université d'Orléans	Rapporteur
Jean-Bernard BLAISOT	Université de Rouen	Rapporteur
Filippo MAGGI	Politecnico di Milano	Examineur
Séverine BARBOSA	Université Aix-Marseille	Examinatrice
Jérôme ANTHOINE	ONERA (DMPE)	Directeur de thèse
Robin DEVILLERS	ONERA (DMPE)	Co-directeur de thèse
Stany GALLIER	ArianeGroup	Co-directeur de thèse

Résumé

Les moteurs à propergol solide (MPS) sont couramment employés en propulsion civile et militaire. La plupart incorpore dans leur carburant des particules d'aluminium, sujettes à divers mécanismes physiques générant des agglomérats, gouttes contenant jusqu'à plusieurs centaines de particules initiales. Or, ces gouttes d'aluminium interagissent avec le gaz produit par combustion du propergol solide. Ces interactions peuvent réduire les performances ou induire des instabilités, néfastes pour la bonne utilisation du moteur. Ces interactions dépendent au premier ordre de la taille initiale des gouttes, il est donc primordial de prédire l'agglomération des particules d'aluminium dans les MPS.

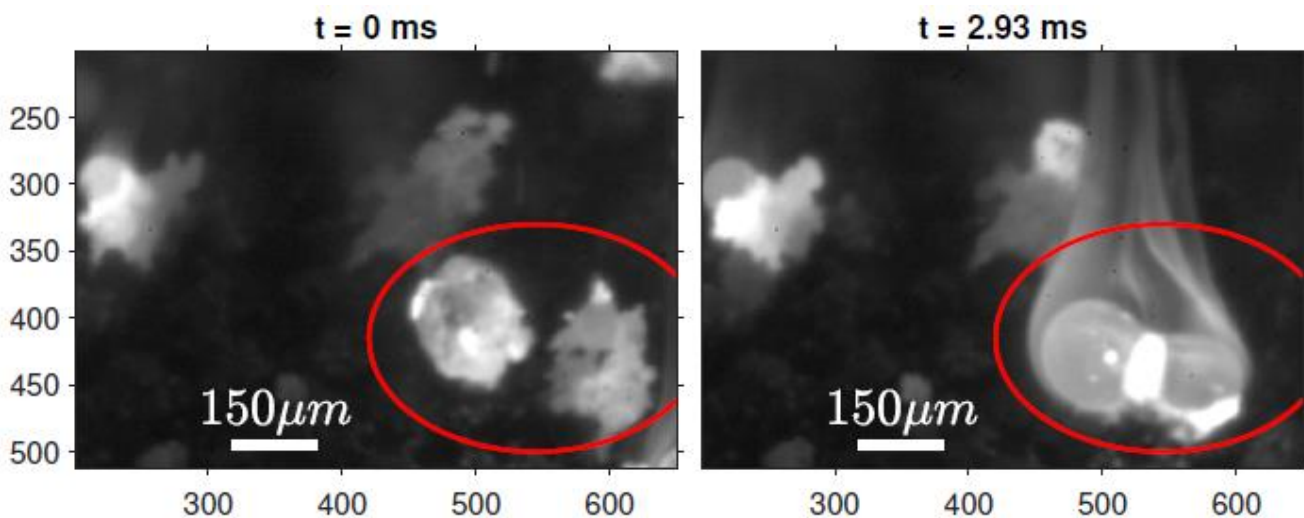
Les phénomènes physiques associés à l'agglomération sont peu compris et mal maîtrisés. Les modèles de la littérature sont simplifiés et incomplets par manque de caractérisations expérimentales des mécanismes causant l'agglomération, et des phénomènes physiques la limitant.

Cette thèse vise à observer ces phénomènes physiques d'agglomération par des diagnostics expérimentaux précis et à les caractériser par des outils d'analyse d'images avancés. Le but est par ailleurs d'explicitier l'influence de paramètres comme la pression ou la granulométrie sur les mécanismes et phénomènes physiques impliqués. **L'objectif final est la réalisation d'un modèle capable de prédire l'agglomération avec précision.** Des compositions de propergol à particules inertes sont étudiées en premier lieu, car plus simples à étudier et permettant l'analyse précise de phénomènes physiques spécifiques tels que la formation d'agrégats.

Pour cela, des mesures haute cadence d'ombroscopie sont réalisées. L'agrégation des particules inertes lors de la combustion du propergol solide est visualisée en détail, et analysée par de nouveaux algorithmes performants d'analyse d'image développés pour l'occasion.

De façon similaire, l'agrégation des particules d'aluminium et leur coalescence en agglomérats sont observées par des mesures de visualisation haute cadence, pouvant monter jusqu'à 77 kHz. L'importance de plusieurs mécanismes physiques complexes est démontrée, tels que la coalescence de multiples agrégats/agglomérats nommée super-fusion, l'oxydation des agglomérats encore attachés à la surface, ou la prépondérance des phénomènes physiques qui limitent l'agglomération. La mesure de la taille des gouttes d'aluminium formées est réalisée par des outils d'analyse d'images précis reposant sur l'apprentissage profond, confirmant les paramètres fondamentaux déterminant l'agglomération : la granulométrie des grains oxydants du propergol et la pression.

Un modèle d'agglomération est développé à partir de ces analyses expérimentales. Concernant les particules d'aluminium, des critères d'allumage et de super-fusion des agrégats sont développés. Il est montré que les grandeurs expérimentales sont très bien reproduites par simulation numérique pour des propergols de composition différente à plusieurs pressions, montrant la capacité du modèle à prédire correctement l'agglomération pour les propergols testés.



Visualisation expérimentale de l'agglomération en surface du propergol

Mots clés

Agglomération, Aluminium, Propergol solide, Ombroscopie, Traitement d'image, Modélisation physique, Simulation numérique