
Modélisation de l'écoulement des propergols

Vincent Ambit* , Elisabeth Lemaire¹, Stany Gallier², Rudy Valette , Laurence Ville ,
and Romain Morini³

¹Laboratoire de physique de la matière condensée (LPMC) – CNRS : UMR7336, Université Nice Sophia Antipolis [UNS], Université Nice Sophia Antipolis (UNS) – Parc Valrose 06108 NICE CEDEX 2, France

²Herakles – SAFRAN – France

³Laboratoire de la physique de la matière condensée (LPMC) – UMR CNRS 6622 – France

Résumé

Les propergols sont des matériaux composites constitués d'une matrice polymère et chargés de matériaux pulvérulents à des taux élevés. Ces matières premières sont mélangées avant d'être coulées dans des réservoirs où elles seront réticulées. L'ajout d'une tuyère au réservoir rempli de propergol réticulé finalise la création d'un moteur à propergol solide. Le fonctionnement balistique de ces moteurs dépend fortement de leur procédé de fabrication et notamment de l'étape de coulée. Des modèles empiriques ont en effet permis par le passé de lier l'agencement de cette pâte lors de sa mise en œuvre, avant sa réticulation, à la vitesse de combustion du propergol une fois réticulé dans le réservoir. Ces modèles n'ont malheureusement pas trouvé de validation expérimentale malgré les nombreux travaux entrepris au fil des programmes de recherche. Un des résultats fondateur reste que l'orientation des lignes de courant, ou stratification, de la pâte influe directement sur la vitesse de combustion locale du propergol. Le scénario alors retenu fait état d'une probable alternance de couches de propergol avec un gradient de concentration en charges ce qui aurait pour effet de conditionner la vitesse de combustion locale du produit fini.

Les récents travaux menés en collaboration avec un laboratoire de l'Université de Nice, InPhyNi, ont mis en évidence une nouvelle voie qui pourrait expliquer le constat empirique énoncé jusqu'alors.

L'écoulement d'une suspension dense, chargée de particules pour le moment sphériques, a été observé grâce à une installation originale dans une configuration représentant dans des conditions de laboratoire une coulée de propergol. Pour cela, la préparation est poussée dans une conduite simulant une conduite de transfert de propergol puis coulée dans un récipient simulant le réservoir d'un moteur à propergol solide.

Les premiers résultats montrent qu'il n'existe pas, contrairement à la croyance précédente, d'alternance de couches plus ou moins denses de produit dans le réservoir de coulée. Le phénomène qui a été mis en évidence est plus complexe.

Il existe en effet une microstructure asymétrique des charges créée par l'écoulement de la suspension dans le réservoir de coulée qui est précisément quantifiée par une fonction de distribution de paires, outil utilisé par le laboratoire InPhyNi. L'orientation de cette microstructure (par exemple maxima de la fonction de distribution de paires) dépend de la position de

*Intervenant

la suspension par rapport à la conduite de transfert. Ces résultats ont indifféremment été observés sur des suspensions mono- et bi-disperses.

Ces résultats permettent de bâtir un nouveau scénario plausible sur l'impact du procédé de mise en œuvre des moteurs à propergol solide sur le fonctionnement balistique. L'écoulement reste homogène en taux de charge mais le propergol se structure de manière anisotrope de par l'écoulement ce qui peut induire des variations de vitesse de combustion.

Ces travaux, très encourageants, nécessitent aujourd'hui d'être poursuivis.

Mots-Clés: Propergol, Ecoulement, modélisation, Charges, structuration