



HAL
open science

Modélisation du transfert thermique dans des propergols composites avec et sans particules d'aluminium

D. Davidenko, Y. Fabignon

► **To cite this version:**

D. Davidenko, Y. Fabignon. Modélisation du transfert thermique dans des propergols composites avec et sans particules d'aluminium. 2ème Journées Matériaux Numériques, Feb 2015, Saint-Aignan, France. ⟨hal-01121709⟩

HAL Id: hal-01121709

<https://hal.science/hal-01121709v1>

Submitted on 2 Mar 2015

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

Modélisation du transfert thermique dans des propergols composites avec et sans particules d'aluminium

Dmitry Davidenko¹, Yves Fabignon¹,...

dmitry.davidenko@onera.fr

¹ ONERA Centre de Palaiseau

Résumé

On présente des méthodes et des résultats de modélisation sur le transfert thermique dans des échantillons de propergols composites à base de liant en polybutadiène (PBHT) et de particules de perchlorate d'ammonium (PA) et d'aluminium (Al). Le transfert de chaleur est simulé grâce à l'approche des volumes finis. On applique différentes méthodes de discrétisation des échantillons et plusieurs formulations pour la conductivité thermique moyenne dans le calcul des flux. On montre que le choix de la bonne méthode de modélisation est crucial pour une évaluation correcte de la conductivité thermique effective des échantillons.

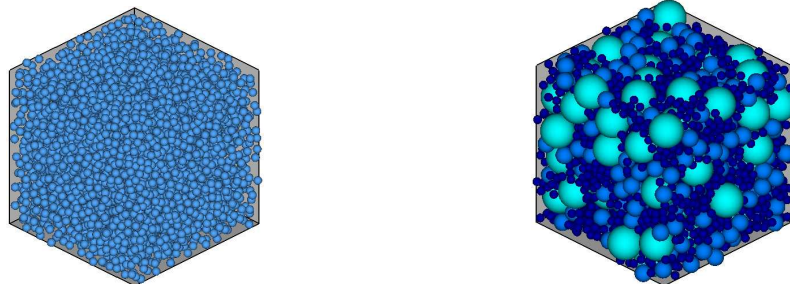
Introduction

Les propergols sont des matériaux énergétiques utilisés pour la propulsion fusée. Dans les engins de grande taille, on utilise des propergols composites contenant un liant polymère et des particules d'oxydant ainsi que des particules métalliques pour augmenter les performances propulsives. L'évaluation des propriétés thermophysiques effectives d'un propergol peut être faite à partir des propriétés des ingrédients purs en utilisant, soit une loi d'homogénéisation, soit par simulation numérique sur un modèle microstructural de l'échantillon. Cette dernière approche est également exploitée dans des simulations détaillées de la combustion de propergols qui nécessitent un traitement précis du transfert thermique dans le solide. Les difficultés principales relatives à la modélisation d'un propergol en approche microstructurale sont dues aux facteurs suivants : une structure aléatoire du matériau, une large gamme des échelles géométriques à considérer et de très différentes propriétés physiques des ingrédients.

Modélisation de la structure aléatoire

La structure d'un échantillon de propergol est générée en utilisant une méthode d'arrangement aléatoire (« packing ») de particules sphériques multidispersées. Les particules sont regroupées par classes selon leur taille et déposées dans une boîte cubique en respectant les conditions de périodicité sur les frontières opposées. Les méthodes de packing actuellement exploitées permettent de gérer de manière efficace un grand nombre de particules ($\sim 10^6$) et d'obtenir des packs suffisamment denses avec des granulométries réelles des ingrédients particuliers.

Différents échantillons composés de particules de PA et Al en proportions variables et avec différentes granulométries ont été générés pour modéliser le transfert thermique. Deux échantillons sont montrés à titre d'exemple sur la figure suivante : monodispersé (à gauche) et avec trois classes (à droite)



Modélisation du transfert thermique

Le transfert thermique stationnaire dans les échantillons a été simulé par une méthode numérique suivant l'approche de volumes finis. Les résultats numériques sur la conductivité thermique effective des échantillons ont été confrontés à différentes lois d'homogénéisation.

Plusieurs facteurs influençant les résultats numériques sont considérés, notamment les suivants :

- la méthode de discrétisation des échantillons ;
- la résolution spatiale de la grille numérique par rapport à la taille des particules ;
- la formulation de la conductivité thermique moyenne dans le calcul des flux.

On montre qu'avec une méthodologie bien adaptée, l'erreur numérique dans la prédiction de la conductivité thermique effective peut être bien maîtrisée sur des grilles grossières.

D'après les résultats de l'étude, la conductivité effective dépend principalement des propriétés et des fractions des ingrédients purs. La structure du pack n'a pratiquement pas d'effet sauf le cas extrême : particules d'Al dans PBHT. La figure suivante montre une comparaison des résultats sur la conductivité effective (λ_{eff}) par rapport à une loi d'homogénéisation (λ_{hom}) en fonction de la fraction volumique de PA (f_{AP}) pour différentes fractions volumiques d'Al (f_{Al}).

