



Contribution à la modélisation de la rentrée atmosphérique des débris spatiaux

Soutenance de thèse d'Ysolde PREVEREAUD

le lundi 23 juin à 10 h 30
Auditorium de l'ONERA - TOULOUSE

Devant le jury :

- Thierry MAGIN du VKI à Rhode-Saint Genèse (Belgique)
- Pierre-Henri MAIRE du CEA/CESTA au Barp
- André PASCAL du Campus des Cézeaux à Aubière
- Marianne BALAT-PICHELIN de PROMES-CNRS à Font-Romeu
- Jean-Marc MOSCHETTA de l'Onera/DMAE et de l'ISAE à Toulouse
- Jean-Luc VERANT de l'Onera/DMAE à Toulouse

Résumé :

La surpopulation des débris en orbite fait craindre une augmentation des rentrées atmosphériques incontrôlées, à la fois, du fait du freinage atmosphérique mais aussi de l'augmentation du nombre de collisions, pouvant entraîner des désorbitations inattendues. Au cours des 40 dernières années, environ 66% des objets catalogués ont effectué une rentrée atmosphérique terrestre. On estime que 10 à 40% de cette masse a pu atteindre la surface terrestre, pouvant représenter un risque potentiel pour les biens et les personnes se trouvant sous le nuage de débris. Cette étude s'inscrit dans le cadre de développements de modèles pour la prévision de la rentrée atmosphérique des débris spatiaux jusqu'à leur destruction complète ou jusqu'à ce qu'ils impactent le sol partiellement ou complètement. Il s'agit en particulier d'aborder des phénomènes physiques peu pris en compte jusqu'à présent par les approches existantes et connues.

Dans ce cadre nous nous sommes intéressés à la modélisation des interactions entre fragments en régime continu hypersonique et supersonique pour des écoulements de gaz parfait et de gaz réel. Ceci a permis de montrer l'influence significative des interactions entre fragments sur la valeur des coefficients de portance et de traînée d'une sphère située dans la couche de choc générée par un premier fragment. De plus, cette étude a montré le caractère protecteur de la couche de choc primaire, puisque suivant le point de vol considéré, la température d'ablation du matériau, n'est pas atteinte alors qu'elle le serait sans cet effet de masquage. D'autre part, un modèle pour l'estimation des coefficients aérodynamiques de force et de moment ainsi que le coefficient de flux de chaleur en régime hypersonique transitionnel est proposé. En complément des régimes hypersonique et supersonique, un premier modèle pour le calcul des coefficients aérodynamiques en régime transsonique a été développé.

D'un point de vue thermique, un modèle de conduction thermique adapté à la problématique de la rentrée des débris spatiaux a été développé. L'influence significative de la prise en compte de la conduction thermique sur la température dans l'épaisseur de la paroi a ainsi pu être observée. Par ailleurs, l'influence de l'épaisseur de la paroi du réservoir ainsi que l'influence de la dépendance en température des propriétés des matériaux ont également été confirmées montrant la nécessité d'une représentation correcte de la diffusion thermique dans le matériau du débris envisagé.

D'autre part, une pré-étude expérimentale sur la dégradation thermique des matériaux a été réalisée. Les essais ont été menés au four solaire d'Odeillo-Font-Romeu sur l'alliage de titane TA6V sous plasma d'air. Les premiers résultats confirment la nécessité de tenir compte de l'oxydation de la paroi en particulier dans un environnement à haute température où l'oxygène est dissocié comme c'est le cas pour les rentrées atmosphériques terrestres de débris spatiaux. En effet, le processus d'oxydation sous plasma d'air contribue

activement à la récession de la paroi. Par ailleurs, un premier modèle de dégradation thermique de la paroi par fusion a été mis en place.

En vue d'obtenir une plateforme dont nous possédons la maîtrise quant aux modélisations physiques s'y trouvant, l'outil MUSIC/FAST initialement conçu pour l'analyse pré-mission de la rentrée de véhicules ou de capsules a été évalué, consolidé et amélioré pour son application à la rentrée des débris spatiaux. MUSIC/FAST a également été réorganisé sous forme de modules afin de permettre une meilleure intégration des nouveaux modèles. Les coefficients aérodynamiques et aérothermodynamiques ont été comparés aux données issues de la littérature.

Enfin, une étude sur la rentrée atmosphérique d'un réservoir sphérique a été menée en termes d'application. Il s'agissait d'évaluer l'influence de différents paramètres (pente, propriétés des matériaux, propriétés de la paroi interne du réservoir, épaisseur de la paroi) sur la survie et la trajectoire du fragment.

Mots-clés : RENTREE ATMOSPHERIQUE ; DEBRIS SPATIAUX ; AEROTHERMODYNAMIQUE ; CONDUCTION ; OXYDATION ; ABLATION