Combustion des propergols solides

Paul KUENTZMANN, ONERA

Les propergols solides sont soit des espèces chimiques présentant dans leur molécule des caractères complémentaires (oxydant/comburant et réducteur/combustible), dans le cas des propergols homogènes, soit des mélanges intimes d'espèces chimiques complémentaires, pour les propergols composites. Ces matériaux, dont la fabrication relève de la pyrotechnie, génèrent par autocombustion des produits majoritairement gazeux et à très haute température, dont la détente dans une tuyère permet la création d'un effet fusée. Le domaine principal d'application des propergols solides est la propulsion des lanceurs militaires (missiles) et spatiaux ; les "airbags" des automobiles utilisent sous une forme adaptée la même technologie. Le premier propergol solide est très ancien puisque l'invention et l'utilisation de la poudre noire, mélange de composants naturels (salpêtre, soufre, charbon de bois), remonterait au début de notre ère. Les propergols solides ou poudres, selon leur ancienne appellation, ont d'abord été utilisés pour les armes à tube, jusqu'à ce qu'apparaissent vers les années 1930 les propergols modernes et leur généralisation à la fabrication de chargements de plus en plus gros pour missile et lanceurs. A ce jour, c'est en moteur à propergol solide qui détient, tous systèmes propulsifs confondus, le record de poussée avec 16000 kN (moteur expérimental Lockheed de 6,6 m de diamètre dans les années 1960).

L'enseignement de la propulsion par fusée, et en particulier celui de la propulsion par propergol solide, étant peu répandu dans l'enseignement supérieur français et se prêtant mal, pour des raisons évidentes de sécurité, à des expérimentations simples, la première partie de la présentation rappellera les principes fondamentaux de la propulsion par fusée, la classification des propergols solides et le rôle essentiel joué par la vitesse de combustion du propergol. Les grandeurs physiques qui contrôlent cette vitesse dans les divers régimes de fonctionnement susceptibles d'être rencontrés en moteur seront dégagées.

Dans une deuxième partie seront décrits et modélisés les phénomènes physicochimiques qui permettent d'expliquer la sensibilité de la vitesse de combustion à la pression et à la température initiale (régime stationnaire de combustion), ainsi qu'au temps (régime instationnaire). Les liens existant entre les phénomènes de combustion des propergols solides et les phénomènes de combustion dans d'autres secteurs techniques seront établis.

Un bilan des problèmes encore ouverts et des recherches susceptibles de les faire progresser sera proposé dans une troisième partie.

L'accent sera volontairement mis sur les aspects physiques de la question traitée, le recours aux développements mathématiques, qui demanderait trop de temps, étant limité à l'essentiel.

10 avril 2006