



Méthodes inverses pour la reconstruction de flux de chaleur en rentrée atmosphérique

Stage de fin d'étude école d'ingénieurs et M2 spécialité Probabilités/Statistiques

A partir de février 2022 pour 6 mois (dates flexibles)
(Rémunération brute de 700 à 1300 Euros + Prime de 10%)
CEA/CESTA, 15 avenue des sablières, 33116 Le Barp

Pierre Minvielle pierre.minvielle@cea.fr

Le contexte

Lorsqu'une navette spatiale ou une capsule rentre dans les couches denses de l'atmosphère, une onde de choc se forme, provoquant une montée en température et d'importants transferts de chaleur à la paroi. Ces échauffements sont tellement élevés que le véhicule doit être protégé par une protection thermique, souvent appelée bouclier. Son dimensionnement requiert une bonne compréhension des phénomènes physiques impliqués. En particulier, il est essentiel de bien quantifier le flux de chaleur à la paroi, par simulation ou par des expériences, telles que des mesures en vol en conditions réelles ou par des essais en soufflerie en environnement contrôlé.

Les objectifs

On cherche à déterminer le flux de chaleur à partir de mesures de température opérées par des thermocouples qui sont positionnés et protégés à l'intérieur des protections thermiques où l'environnement est moins critique. Dans le cadre d'un travail exploratoire, on s'intéresse en particulier au problème inverse de conduction 1D de la chaleur. Plusieurs approches ont été employées dans la littérature : méthode séquentielle de Beck, régularisation de Tikhonov, etc. On se placera dans le cadre des statistiques bayésiennes. On mettra en place une modélisation probabiliste hiérarchique du bruit de mesure (ex. aléas, erreurs systématiques), des incertitudes sur la protection thermique (ex. épaisseur, conductivité), etc. En s'appuyant sur des méthodes numériques adaptées (optimisation/intégration par Chaîne de Markov Monte Carlo), on calculera à partir de données synthétiques, inspirées de mesures effectuées lors de la rentrée de la navette spatiale européenne IXV, des estimateurs du flux temporel de chaleur et l'on quantifiera les incertitudes de reconstruction associées.

Le déroulement

Le travail proposé se déroulera selon les étapes suivantes. Le stagiaire s'intéressera au problème de conduction thermique 1D pour lequel un code sera mis à sa disposition. Il conduira une analyse des méthodes inverses dans ce contexte. Le stagiaire, aidé de son encadrement, s'attachera alors à formaliser le problème dans un cadre bayésien. Il développera des outils numériques pour la reconstruction du flux temporel de chaleur. Par la suite, il mettra en place des expériences numériques pour valider l'approche.