
Diagnostiques optiques en écoulements réactifs

Michael Sherman*¹ and Ajmal Mohamed*¹

¹ONERA – ONERA – France

Résumé

Partie 1 : Spectroscopie Raman des milieux réactifs

La caractérisation des milieux gazeux ou liquides complexes est un axe prioritaire à l'ONERA. Elle nécessite une instrumentation avancée pour sonder des milieux complexes en conditions sévères comme ceux générés dans les bancs de combustion, les souffleries supersoniques ou hyperenthalpiques, et les générateurs de plasma et de foudre. Cette instrumentation doit pouvoir fournir des mesures à haute cadence (kHz) avec une précision de quelques pourcents grâce aux propriétés remarquables, entre autres de rapidité et de stabilité, du banc optique.

La diffusion Raman est une méthode de diagnostic optique par spectroscopie non linéaire permettant la mesure in situ et non intrusive, de la température et la concentration des espèces majoritaires dans un milieu gazeux. Cette technique permet en effet de sonder de manière locale, avec une résolution de quelques millimètres cubes, des milieux soumis à des contraintes sévères (turbulences, hautes températures et pressions). Sa précision en thermométrie est aujourd'hui toujours inégalée.

La spectroscopie Raman, sous ses formes cohérente et incohérente, est exploitée à l'ONERA pour effectuer de la mesure de température dans les milieux où sont rencontrées des contraintes, entre-autres, de turbulence, de fortes variations temporelles et spatiales de température, de hautes pressions.

Partie 2 : Etude d'écoulement à haute enthalpie rencontré lors d'une rentrée atmosphérique

La rentrée d'un objet dans la haute atmosphère d'une planète donne lieu à un gaz à haute enthalpie (> 20 MJ/kg) autour de l'objet. La haute température (> 8000 K) du gaz induit divers phénomènes de dissociation-recombinaisons et ionisation amenant de forts déséquilibres thermique et chimique avec des différences de températures pour les états rotationnelles, vibrationnelles ou électroniques des molécules.

L'étude de ce type de gaz en écoulement à grande vitesse (> 5 km/s) se fait dans des installations complexes comme des soufflerie à arc électrique (5 kV, 50 kA) ou tube à choc long de plusieurs dizaines de mètres. La caractérisation de ce type d'écoulement est rendue assez difficile du fait de sa courte durée et de son caractère transitoire (quelques ms car il y a peu de récipient résistant à ce niveau de température), de la basse densité (pour simuler la haute atmosphère), d'un fond lumineux intense (rayonnement de plasma) et des temps de préparation assez long pour répéter les mesures. La présentation décrira les moyens de mesures optiques (absorption, fluorescence et diffusion Raman de lasers) spécifiquement développés et seuls aptes à fournir des renseignements sur la nature thermo-chimique du gaz comparativement à des sondes classiques (thermocouples, jauges de pression...) habituellement utilisées en aéronautique.

*Intervenant