



Activités liés aux modèles spectraux

Nom : Caliot

Prénom : Cyril

Adresse : Laboratoire PROMES-CNRS

Centre Félix Trombe

7 rue du Four Solaire

66120 Font-Romeu-Odeillo

Tel : 04 68 30 77 44

Courriel : Cyril.Caliot@promes.cnrs.fr

Utilisation des propriétés radiatives spectrales dans les procédés solaires à concentration :

Chargé de Recherche au laboratoire PROMES-CNRS sur le site du Grand Four Solaire à Odeillo (66120), je travaille sur l'étude des couplages dans les récepteurs-réacteurs solaires à haute température au sein de l'équipe « Vecteurs Energétiques Durables ».

Pour cela, les **propriétés radiatives** des **parois**, des **gaz** et des **particules à haute température** doivent être prises en compte sur une gamme spectrale comprenant le **visible** (spectre solaire) et l'**infrarouge** (émission thermique). Par exemple, la modélisation et la simulation d'un écoulement de gaz et de particules solides ont été réalisés, dans le cadre du projet européen Solhycarb, pour le craquage du méthane dans un réacteur tubulaire produisant de l'hydrogène et des noirs de carbone. Les équations de Navier-Stokes, de la conservation de l'énergie, des espèces et du bilan de population des particules (nucléation, agglomération) ont été résolues. Le modèle spectral Absorption Distribution Function (**ADF**) a été choisi parmi d'autres **modèles globaux (SLW, WSGG)** pour résoudre les transferts radiatifs dans le mélange méthane-noirs de carbone [1]. Les données ADF pour le méthane ont été obtenues à partir de la base de données SNB (Statistical Narrow Band) tabulée par Perrin et Soufiani [2]. Cette étude a permis de mettre en évidence l'influence des transferts radiatifs par une **quantification des effets de l'absorption infrarouge** du méthane et des particules dans le réacteur.

Travaux antérieurs sur les modèles spectraux :

Durant ma thèse [3], l'émission spectrale d'un écoulement de gaz et de particules à haute température a été simulé en situation de télédétection. L'émission de rayonnement par des gaz chauds (H₂O, CO₂, CO) étant mesurés à-travers une atmosphère froide, cette mesure en télédétection est difficile à prédire avec des modèles spectraux de bandes étroites. La méthode la plus simple et la plus précise (si les données spectroscopiques à haute température sont connues !) est la **méthode raie-par-raie** [4] qui consiste à calculer les transferts radiatifs sur un intervalle spectral très petit ($<10^{-3} \text{ cm}^{-1}$) et par conséquent l'équation de transfert radiatif monochromatique est résolue.



Cependant, cette méthode est très coûteuse. Il est alors possible d'atteindre de meilleurs temps de calculs en utilisant des **modèles de bandes étroites**. Différents modèles de bandes ont été évalués tels que les modèles **CK** (Correlated-k), **CKFG** (CK Fictitious Gas), **SNB**, **SNBFG**. L'hypothèse des gaz fictifs (3 gaz fictifs choisis) a été utilisée pour améliorer la prédiction des spectres. Malheureusement, cette hypothèse accroît le nombre de calculs et le temps de simulation. C'est pourquoi, un autre type de modèle utilisant l'hypothèse de « gaz unique de mélange » (SMG, Single Gas Mixture) à été testé et ses limites quantifiés [5]. Tout ces modèles ont été tabulés grâce à la base de données CSDS-1000 pour CO₂, et HITEMP pour H₂O et CO. Pour réaliser ces tabulations, un code raie-par-raie utilisant la méthode des grilles multiples (accélérant le calcul des spectres) a été développé.

Références bibliographiques :

[1] C. Caliot, S. Abanades, A. Soufiani, G. Flamant. *Effects of non-gray thermal radiation on the heating of a methane laminar flow at high temperature*. Fuel, 2009, vol. 88(4), p.617-624.

[2] M.Y. Perrin, A. Soufiani. Approximate radiative properties of methane at high temperature. Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer, 2007, vol. 103, p.3-13.

[3] C. Caliot. *Modélisation et simulation de l'émission énergétique et spectrale d'un jet réactif composé de gaz et de particules à haute température issus de la combustion d'un objet pyrotechnique*. Thèse de l'INP Toulouse, 2006.
<http://ethesis.inp-toulouse.fr/archive/00000309/>

[4] C. Caliot, Y. Le Maout, M. El Hafi, G. Flamant. *Remote sensing of high temperature H₂O-CO₂-CO mixture with a correlated k-distribution model and fictitious gases*. Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer, 2006, vol. 102(2), p.304-315.

[5] C. Caliot, Y. Le Maout, M. El Hafi, G. Flamant. *Assessment of the Single-Mixture Gas Assumption for the Correlated K-Distribution Fictitious Gas Method in H₂O-CO₂-CO Mixture at High Temperature*. Journal of Heat Transfer, ASME, 2008, vol. 130(10), p.104501.

Projets futurs :

- Tabuler les paramètres des modèles ADF et SLW pour le CO₂, H₂O et CO à haute température à partir de la nouvelle base Hitemp.
- Calculer des solutions de références (2D axi, 3D) et organiser un challenge sur une ou plusieurs de ces solutions pour comparer les codes et modèles spectraux.