

Un modèle simplifié de couplage thermohydraulique–neutronique

Olivier LAFITTE, Université Paris 13, Sorbonne Paris Cité, LAGA, CNRS (UMR 7539),
99 Avenue J.-B. Clément F-93430, Villetaneuse Cedex, France.

Stéphane DELLACHERIE, Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives,
CEA, DEN, DM2S, STMF, F-91191 Gif-sur-Yvette, France.

1 Introduction

Nous étudions le couplage d'une équation de la neutronique simplifiée – donnant le flux neutronique ϕ (équation de la diffusion monogroupe 1d) – avec une équation modélisant l'évolution de l'enthalpie interne $h := h(T)$ de ce fluide sous l'influence du dépôt d'énergie dépendant du flux neutronique ϕ . On suppose d'autre part que seule la section efficace d'absorption $\Sigma_a(T)$ dépend de la température T du fluide caloporteur. Nous obtenons, quand la fonction $\Sigma_a(T(h))$ est une fonction affine, une solution de référence explicite en utilisant les intégrales elliptiques de Jacobi. Nous présentons d'autre part un cas test numérique utilisant notre méthode exacte pour des sections efficaces tabulées.

2 Systèmes d'équations à résoudre et solutions

L'équation (linéaire) de la diffusion pour le flux de neutrons ϕ s'écrit

$$-\frac{d}{dz} \left(D \frac{d\phi}{dz} \right) + \left[\Sigma_a(T(h)) - \frac{\nu \Sigma_f}{k_{eff}} \right] \phi = 0, \quad z \in [0, L] \quad (1)$$

où ϕ vérifie $\phi(0) = \phi(L) = 0$, $\phi \geq 0$. Dans cette équation, $k_{eff} > 0$ est le coefficient multiplicateur. L'équation permettant de calculer l'enthalpie est

$$D_e S \frac{dh}{dz} = \mathcal{P} \frac{\nu \Sigma_f \phi}{\int_0^L \nu \Sigma_f \phi} \quad (2)$$

avec les conditions aux limites $h(0) = h_e$, $h(L) = h_e + \frac{\mathcal{P}}{D_e S}$. Les constantes D_e , S , et \mathcal{P} sont respectivement le débit axial du fluide caloporteur, la surface de la section horizontale du domaine de calcul et la puissance totale déposée.

Nous avons deux problèmes couplés possibles :

- le premier correspond à trouver \mathcal{P} quand k_{eff} est imposé et égal à 1.
- le second correspond à trouver k_{eff} quand \mathcal{P} est imposé.

Ces deux problèmes couplés conduisent à une équation différentielle ordinaire non linéaire sur h du type

$$\left(\frac{dh}{dz} \right)^2 = (h - h_e) \left(h_e + \frac{\mathcal{P}}{D_e S} - h \right) K(h) \quad (3)$$

où $K(h)$ est une fonction *ad hoc*. On montre sous certaines hypothèses sur $\Sigma_a(h)$ que cette équation admet une unique solution.

Références

- [1] STÉPHANE DELLACHERIE ET OLIVIER LAFITTE, *Une solution explicite monodimensionnelle d'un modèle simplifié de couplage stationnaire thermohydraulique–neutronique*, Soumis à Annales Mathématiques du Québec, Janvier 2016.

Olivier LAFITTE, Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives, CEA, DEN, DM2S, STMF,
F-91191 Gif-sur-Yvette, France.

`lafitte@math.univ-paris13.fr`