

Raffinement adaptatif de maillage pour un système d'équations hyperboliques couplées

Damien FOURNIER, CEA Cadarache

Raphaèle HERBIN, LATP Marseille

Romain LE TELLIER, CEA Cadarache

L'équation de transport des neutrons en physique des réacteurs dépend des variables énergétiques, angulaires et spatiales. Elle permet de connaître la densité de neutrons à l'aide d'une grandeur $\tilde{\phi}$ appelée flux neutronique. Après discrétisation énergétique, on peut se ramener à une équation sur un flux scalaire et écrire le système d'équations vérifié par $\tilde{\phi}$ à l'énergie g :

$$\tilde{\phi}_g = \tilde{H}_g^{-1} \left(\sum_{g'} \beta_{g' \rightarrow g} \tilde{\phi}_{g'} + Q_g \right) \quad (1)$$

où H est un opérateur de transport-réaction, $\tilde{\phi}$ est le flux neutronique, β une fonction constante par morceaux et Q un terme source.

La résolution d'un tel système est coûteuse en temps et en espace mémoire. Afin d'améliorer ces deux aspects sans dégrader la convergence, des algorithmes adaptatifs ont été mis en place. Ces méthodes se basent sur une estimation locale de l'erreur afin de déterminer les zones où une meilleure précision est nécessaire. En première approche, le couplage n'est pas pris en compte et l'estimateur E_g mesure la distance entre un flux exact $\widehat{\phi}_g$ et un approché ϕ_g qui vérifient :

$$\widehat{\phi}_g = \tilde{H}_g^{-1} \left(\sum_{g'} \beta_{g' \rightarrow g} \phi_{g'} + Q_g \right) \quad \text{et} \quad \phi_g = H_g^{-1} \left(\sum_{g'} \beta_{g' \rightarrow g} \phi_{g'} + Q_g \right) \quad (2)$$

avec H_g opérateur approché de \tilde{H}_g . On peut alors raffiner de la même manière quelque soit g en choisissant la cellule κ si

$$\max_{g'} E_{g'}(\kappa) > \alpha \max_{\kappa_i} \max_{g'} E_{g'}(\kappa_i) \quad (3)$$

Cependant, le flux étant très différent suivant les zones énergétiques, on peut décider d'adapter différemment le maillage suivant g pour réduire le nombre de degrés de liberté en raffinant la cellule κ du groupe g si

$$E_g(\kappa) > \alpha \max_{\kappa_i} \max_{g'} E_{g'}(\kappa_i) \quad (4)$$

Utiliser Eq. 4 revient à négliger le couplage des équations donnée par

$$\epsilon_g = \widehat{\phi}_g - \phi_g = \tilde{\phi}_g - \widehat{\phi}_g + \widehat{\phi}_g - \phi_g = \tilde{H}_g^{-1} \left(\sum_{g'} \beta_{g' \rightarrow g} \epsilon_{g'} \right) + E_g \quad (5)$$

Si Eq. 3 permettait de maintenir la convergence grâce au maximum sur les énergies, ce n'est plus le cas avec Eq. 4. On peut alors modifier l'estimateur E_g pour prendre en compte les interactions entre les différentes énergies. Pour cela, on utilise un opérateur simplifié qui ne dépend que des données du problème pour approcher $\left(I - \tilde{H}_g^{-1} \beta_{g' \rightarrow g} \right)^{-1}$. Les résultats liés à cette approximation ainsi que d'autres manières de traiter le couplage seront présentées lors de la conférence.

Références

Damien FOURNIER, CEA, DEN, DER/SPRC/LEPh, Cadarache, F-13108 Saint Paul-lez-Durance, France
damien.fournier@cea.fr

Raphaèle HERBIN, Laboratoire d'Analyse et de Topologie de Marseille, Centre de Mathématiques et Informatique (CMI), Université de Provence, Technopôle Château-Gombert, 39, rue F. Joliot Curie, 13453 Marseille Cedex, France

herbin@cmi.univ-mrs.fr

Romain LE TELLIER, CEA, DEN, DER/SPRC/LEPh, Cadarache, F-13108 Saint Paul-lez-Durance, France
romain.le-tellier@cea.fr