

Échantillonnage préférentiel pour la résolution de l'équation de transport en géométrie sphérique

Christelle BORDIN, CEA - Université Pierre et Marie Curie

On se place dans le contexte de la simulation de la fusion par confinement inertiel (FCI). Le principe est l'attaque indirecte avec l'allumage par point chaud central : l'énergie des lasers incidents est absorbée par les parois d'une cavité en métal lourd, puis réémise sous forme de rayon X vers une cible centrale. Cette cible est constituée d'une coquille en plastique remplie d'hydrogène à très basse température. Les couches externes de la cible sont chauffées par l'apport d'énergie dû au rayonnement X de la cavité, et se dilatent. Par conservation de la quantité de mouvement, les couches internes se contractent, et le cœur de la cible subit une implosion.

Au cours du processus d'implosion, le plastique de la couche externe de la cible a tendance à se mélanger avec le gaz interne, sous l'effet d'instabilités hydrodynamiques. Ce mélange détériore les conditions propices à la fusion, et il est donc capital de comprendre à quel point ses matériaux se mélangent.

Une partie importante des phénomènes physiques en jeu est liée à l'interaction entre le rayonnement et la matière, qui peut être modélisée par une équation de type Boltzmann linéaire :

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \mathbf{\Omega} \cdot \nabla u + \sigma_t u = \sigma_s \langle u \rangle + f \quad (1)$$

où $u = u(t, \mathbf{x}, \mathbf{\Omega}, \nu)$ est l'intensité radiative, $t \geq 0$, $\mathbf{x} \in \mathcal{D}$ la position spatiale, $\mathbf{\Omega} \in S^2$ la direction de propagation. L'opérateur $\langle \cdot \rangle$ est un opérateur de moyenne en direction $\mathbf{\Omega}$, et le terme source f représente le couplage à la matière.

Les méthodes de type Monte Carlo [2] sont efficaces pour résoudre ce type d'équation. Cependant, le coût de calcul associé et le bruit statistique rendent ces méthodes actuellement inutilisables pour l'étude d'instabilités hydrodynamiques. En effet, le bruit statistique est au mieux du même ordre que l'amplitude naturelle des instabilités, ce qui empêche une étude précise de leur développement.

On utilise ici la méthode d'échantillonnage préférentiel [1] afin de réduire l'erreur statistique rencontrée au niveau de la cible centrale lors de la simulation. Le point fondamental de cette méthode est le choix de la fonction d'importance. La fonction d'importance idéale c'est-à-dire celle qui donne une variance nulle est la solution du problème adjoint.

En géométrie 1D plane, une fonction d'importance a été proposée dans la thèse de Jean-Marc Depinay [1]. Cette fonction dont on connaît l'expression analytique est la solution exacte de l'équation du transport mais ne vérifie pas les bonnes conditions aux limites. Cependant, elle permet de réduire considérablement la variance. Dans le cas d'une géométrie 1D sphérique, ne connaissant pas une solution analytique équivalente à celle de la géométrie 1D plane, on s'intéresse à une fonction d'importance calculée par la méthode des caractéristiques [3], combinée à une méthode intégrale pour approcher son moment angulaire d'ordre 0.

On présente des résultats numériques sur des cas représentatifs.

Références

- [1] J-M. DEPINAY, *Automatisation de méthodes de réduction de variance pour la résolution de l'équation de transport.*, Thèse de doctorat, 2000.
- [2] LAPEYRE, PARDOUX, SENTIS, *Méthodes de Monte Carlo pour les équations de transport et de diffusion*, Springer, 1998.
- [3] G. I. BELL, S. GLASSTONE, *Nuclear Reactor Theory*, Van Nostrand Reinhold Company, 1970.

Christelle BORDIN, CEA,DAM,DIF F-91297, Arpajon, France

christelle.bordin@gmail.com

Xavier BLANC, Univ. Paris Diderot, Sorbonne Paris Cité, Laboratoire Jacques-Louis Lions, UMR 7598, UPMC, CNRS, F-75205 Paris, France

blanc@ann.jussieu.fr

Gérald SAMBA, CEA,DAM,DIF F-91297, Arpajon, France

gerald.samba@cea.fr

Gilles KLUTH, CEA,DAM,DIF F-91297, Arpajon, France

gilles.kluth@cea.fr