

Développement de méthodes des frontières immergées pour l'étude de problèmes couplés fluide-structure

Contexte de l'étude :

Ce projet s'inscrit dans le contexte d'étude des effets néfastes du collapse violent de structures diphasiques sur le fonctionnement et la durée de vie d'éléments de systèmes propulsifs (hélices, injecteurs de carburant,...). La cavitation est en effet un phénomène limitant en phase de conception de composants hydrauliques et ses conséquences en terme d'érosion des parois en font une nuisance très importante. L'endommagement des parois solides est causé par des pics de pression très brefs (10 ns à 1 μ s), de haute amplitude (supérieure à 1 GPa), attribués à l'impact d'ondes de surpression émises lors des collapses de structures de vapeur.

Un cas modèle pour étudier le collapse de structures diphasiques et ses effets sur les matériaux est celui de l'interaction d'une onde de choc avec une bulle (ou un réseau de bulles) placée à proximité d'une paroi solide. De nombreuses études ont été menées, aussi bien numériquement qu'expérimentalement, pour décrire les phénomènes physiques sous-jacents (génération d'ondes de choc), modéliser les pics de pression pariétale durant le processus et évaluer l'endommagement du solide (voir figure ci-dessous).

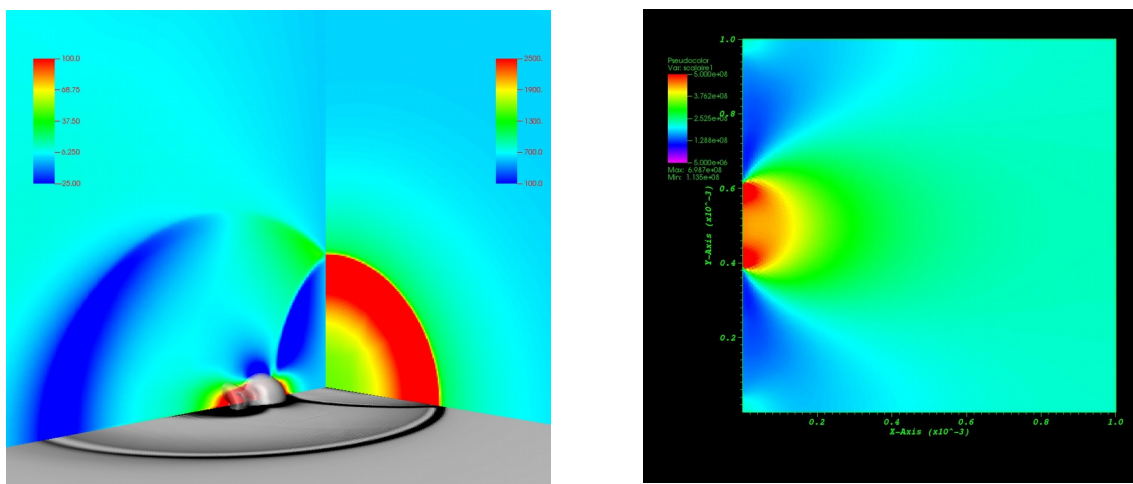


Figure 1: Visualisation 3D d'un collapse près d'une paroi (à gauche) et champ de contrainte de von Mises dans le solide (à droite).

Cependant, à ce jour, rares sont les simulations tridimensionnelles suffisamment résolues ainsi que les simulations couplées fluide-structure nécessaires pour étudier l'endommagement du matériau. Dans ce contexte, on

se propose de mettre en place des simulations numériques 2D et 3D de collapse de bulles avec couplage fort entre le fluide et la structure (rétroaction de la déformation du solide sur la dynamique du fluide).

Objectifs de la thèse :

Le code de calcul diphasique compressible *SCB* a été mis en place pour étudier des configurations mettant en jeu le collapse d'une bulle (ou plusieurs bulles) impactée par une onde de choc. Ce code résout différents systèmes d'EDP diphasiques compressibles formulées dans un cadre de mélange homogène.

Nous souhaitons développer un couplage fort fluide-structure sur la base d'une méthode des frontières immergées (Immersed Boundary Method, IBM). La méthode des frontières immergées permet d'envisager de travailler en maillage cartésien quelque que soit la géométrie du domaine d'écoulement. Dans ce cas des forces de volume sont introduites dans les équations discrétisées afin que la présence du corps soit perçue par l'écoulement.

Programme de recherche :

- Mise en place d'une approche IBM dans le code SCB. Différentes approches sont envisagées : i) un forçage continu à la Peskin, ii) une méthode de pénalisation par porosité, iii) une approche mixte level set et méthode de pénalisation qui permet de gérer les changements topologiques de manière très naturelle. Validation et tests numériques des méthodes implémentées.
- Mise en place d'un couplage fort en configuration 2D puis 3D avec prise en compte de la rétroaction du solide (loi de comportement élastique) sur le fluide. Validation et tests numériques. Etude du collapse et du potentiel endommagement de la paroi. Comparaison des couplages faible et fort. Etude paramétrique avec différents matériaux (revêtement de surface protecteur).
- Pour les situations les plus sévères, étude de lois de comportement élasto-plastiques de type incrémentales pour calculer la possible déformation dans le domaine plastique. On pourra citer les lois de Ludwik et de Johnson-Cook. La contribution de la déformation plastique sera évaluée au moyen d'algorithme de type prédicteur-correcteur (Return Mapping).

Laboratoire d'accueil:

Institut Pprime, ISAE - ENSMA, Poitiers, France.

Financement de la thèse:

Co-financement labex Interactifs / DGA (1715 € net /mois), durée 36 mois.
Ouvert aux ressortissants de l'Union Européenne uniquement.

Encadrement: Eric Goncalves et Marianne Beringhier, enseignants à l'ENSMA
Emails: eric.goncalves@ensma.fr et marianne.beringhier@ensma.fr
Philippe Parnaudeau, ingénieur CNRS

Profil du candidat: Master 2 ou ingénieur grande école.

Compétences en Mécanique des Fluides et des Solides, Méthodes Numériques (Volumes Finis / Eléments Finis), Programmation parallèle et Calcul Haute Performance (HPC).