



Encadrement

Marc Bonnet et Stéphanie Chaillat-Loseille (POEMS, ENSTA)
Bruno Leblé (DCNS)

Titre

Modélisation de l'interaction fluide-structure lors d'une explosion sous-marine

Contexte

Le dimensionnement des navires militaires requiert l'analyse du comportement de la structure aux explosions sous-marines à distance. Ceci constitue un enjeu majeur en construction navale militaire. L'analyse des résultats d'essai à l'échelle permet d'avoir des données réelles en termes de chargement et de réponse des équipements embarqués. Cependant le recours à l'échelle réelle ou à l'échelle réduite n'est pas toujours possible pour des raisons évidentes de coût et de contraintes techniques. La simulation numérique permet alors à l'industriel une analyse des phénomènes dynamiques en jeu lors de chocs hydrodynamiques au moyen de codes de calcul.

Les structures considérées, minces, sont susceptibles de transformations finies et sont modélisées dans ce cadre. Les sollicitations transmises par le fluide font typiquement intervenir deux échelles de temps: une onde acoustique primaire à front raide (excitation dynamique rapide, temps caractéristique de l'ordre de quelques millisecondes, fluide considéré comme acoustique linéaire), suivie par un mouvement d'ensemble plus lent de fluide lourd (traité comme un fluide potentiel incompressible), qui sollicite le navire dans les basses fréquences et sur une durée plus longue. Geers et al. [3] ont proposé des approximations, exactes à la limite des très basses et des très hautes fréquences (*Doubly Asymptotic Approximations*, ou DAAs), qui permettent de traiter des structures génériques.

DCNS utilise ces approches DAA, pour lesquelles des écarts entre simulation et essais sont néanmoins observés, et a donc choisi de développer des approches alternatives, purement numériques, pour traiter sans l'approximation DAA des géométries de structures réalistes. En particulier, la modélisation de l'interaction fluide-structure dans des conditions proches de celle de la phase lente a fait l'objet de la thèse CIFRE de Eric Véron [4]; le fluide y est traité par équations intégrales de frontière (*boundary element method*, ou BEM [1] (le potentiel de vitesses ϕ vérifiant $\Delta\phi = 0$), ce qui permet d'appuyer l'ensemble de la simulation couplée sur le maillage de la structure mince.

Objectif

Le stage proposé portera sur la phase initiale rapide (onde acoustique primaire raide et son interaction avec la structure), que les travaux précédents n'ont pas abordée.

Une première étape consistera en un examen critique de l'approche DAA, appliquée à des configurations de géométrie simple (structure cylindrique de longueur infinie) permettant l'utilisation de solutions analytiques, dans le but de mieux en cerner le domaine de validité.

Une seconde étape portera alors sur le développement d'un solveur par équations intégrales de frontière pour la modélisation de l'onde acoustique primaire, qui constituera l'extension au domaine temporel de la version acoustique fréquentielle du code BEM COFFEE [2] développé à POEMS. Pour traiter des problèmes couplés sans limitation pratique de la discrétisation, le code COFFEE ainsi que l'extension proposée dans ce stage utilise une méthode d'accélération fondée sur la *fast multipole method* (FMM), également mise en oeuvre dans le solveur de fluides potentiels développé par E. Véron.

Débouchés

Ce stage est la première étape, préparatoire à une thèse CIFRE (2017-2020), d'une collaboration entre DCNS et POEMS (ENSTA) sur la simulation de l'interaction fluide-structure lors d'une explosion sous-marine.

Travail proposé

Les différentes étapes de ce stage seront :

- (a) l'étude bibliographique des méthodes DAA en justifiant les hypothèses et les limites;
- (b) l'étude bibliographique des méthodes d'éléments de frontière et leurs méthodes d'accélération pour les fluides acoustiques;
- (c) l'extension du code BEM COFFEE [2] développé à POEMS pour les problèmes acoustiques en domaine temporel;
- (d) l'application du code développé à la détermination des limites des méthodes approchées.

Contacts

marc.bonnet@ensta.fr

01 81 87 20 88

stephanie.chaillat@ensta.fr

01 81 87 20 83

References

- [1] BONNET, M. *Boundary integral equation methods for solids and fluids*. John Wiley & Sons (1999).
- [2] CHAILLAT, S. *Fast Multipole Method for 3-D elastodynamic boundary integral equations. Application to seismic wave propagation*. Ph.D. thesis, Ecole Polytechnique, Palaiseau, France (2008).
- [3] GEERS, T. L., ZHANG, P., LEWIS, B. A. Advanced DAA methods for shock response analysis. technical report, University of Colorado at Boulder (1992).
- [4] VÉRON, E. *Calcul numérique des grandes déformations de structures minces en contact avec des fluides lourds*. Ph.D. thesis, Université de nantes, France (2016).