

Interaction fluide-structure lors d'une explosion sous-marine:

Marc Bonnet et Stéphanie Chaillat-Loseille (POEMS, ENSTA Paris)

Contexte. Le dimensionnement des navires comprend l'analyse du comportement dynamique de la structure sous l'effet d'explosions sous-marines distantes. 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 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. Ce travail de stage se concentre sur la première partie du phénomène.

Il est ainsi nécessaire de simuler une onde de pression se propageant dans le fluide, traité à cette échelle de temps (de l'ordre de 1 à 10 millisecondes) comme un milieu acoustique. Cela conduit à effectuer des analyses transitoires en régime dynamique rapide et prenant en compte le couplage fluide-structure. L'utilisation de solveurs distincts adaptés aux spécificités de chaque milieu (à savoir une méthode d'éléments de frontière accélérée pour le milieu fluide, élaborée à POEMS, et une méthode d'éléments finis adaptée aux structures minces) conduit alors à concevoir et mettre en oeuvre un algorithme itératif couplant les solveurs fluide et structure. Cette problématique a conduit à une collaboration entre POEMS et Naval Group (thèses Damien Mavaleix-Marchessoux 2017-20 et d'Alice Nassor 2020-23). Ce stage a pour vocation de contribuer à cette collaboration.

Objectif du stage. Les propriétés mathématiques du modèle acoustique-élastodynamique transitoire sont telles que la conception d'algorithmes itératifs de couplage est assez délicate. Dans ce cadre, nous avons récemment prouvé la convergence et la faisabilité d'un algorithme reposant sur l'emploi de conditions aux limites de Robin (correspondant sur le plan physique à une notion d'amortissement au niveau de l'interface fluide-structure). Cependant, le code de calcul de structures industriel ne propose pas par défaut ces conditions aux limites, et ne peut donc pas être utilisé de façon non intrusive avec cet algorithme. Cela nous conduit à rechercher des solutions alternatives compatibles avec les contraintes industrielles. Ce stage a ainsi pour objectif la mise en oeuvre et l'évaluation d'un algorithme de couplage fondé sur des itérations de gradient conjugué appliquées à des conditions aux limites de Neumann (vitesse normale imposée pour le fluide, vecteur contrainte imposé pour le solide), qui sont disponibles dans tous les codes industriels. On traitera des situations spatialement 2D et s'appuiera sur des solveurs existants pour chaque milieu (fluide, solide), afin de concentrer le travail sur l'algorithme de couplage proprement dit.

Contacts

marc.bonnet@ensta.fr

01 81 87 20 88

stephanie.chaillat@ensta.fr

01 81 87 20 83