

**Titre :** Développement d'un solveur rapide et fiable basé sur des formules simplifiées pour l'étude d'échouement de navire

**Mot clés :** Echouement de navire, NLFEA, Analyse limite plastique, Méthodes simplifiées

**Résumé :** Le calcul non-linéaire par éléments finis est aujourd'hui l'approche la plus précise pour l'étude des échouements de navires. Néanmoins, les temps de calculs importants rendent cette méthode inadaptée lorsque de nombreux scénarios doivent être étudiés. Dans le cadre du projet de recherche Européen **FLARE (FLooding Accident REsponse)**, ces travaux de thèse visent à développer un solveur basé sur des formulations simplifiées permettant d'estimer rapidement l'endommagement subi par un navire à passagers lors d'un échouement. Le fond marin est représenté par un parabolöide elliptique, permettant de générer des rochers à la fois tranchants ou larges, en faisant varier deux coefficients. Le navire quant à lui est divisé en macro-éléments appelés Super-Elements (S.E), qui représentent les principaux compo-

sants d'un fond de navire. Pour chaque S.E, des simulations par E.F. sont réalisées avec le code *Ls-Dyna*. A l'issue de ces simulations, des expressions analytiques de la force résistante sont construites, puis validées individuellement par comparaison aux résultats numériques. Dans la seconde partie de la thèse, les expressions simplifiées sont implémentées dans un solveur nommé *FLAGS* qui est couplé au solveur existant « fluide » *MCOL* afin de prendre en compte les effets hydrodynamiques. L'outil *FLAGS/MCOL* est confonté avec succès aux calculs par éléments finis *Ls-Dyna/MCOL* pour différents échouements de navire à échelle 1. Pour finir, l'outil est utilisé pour simuler des milliers de scénarios dans le but de quantifier l'influence de divers renforcements structurels sur la taille de brèche.

**Title:** Development of a fast and reliable solver based on simplified formulae for ship grounding analyses

**Keywords:** Ship grounding, NLFEA, Plastic analysis, Simplified methods

**Abstract:** Although non-linear finite element method is the most accurate approach for ship grounding damage analyses, its high computing cost makes it unsuitable when numerous scenarios have to be simulated. As part of the European research project **FLARE (FLooding Accident REsponse)**, this PhD thesis aims to develop a solver based on simplified formulae to rapidly assess cruise ship grounding damage. The seabed is represented by an elliptic paraboloid allowing to generate both sharp and shallow rocks varying two parameters. The ship is divided into large elements, called Super-Elements (S.E), representing the main bottom components. For each S.E, *Ls-Dyna* simulations are carried out. Based on these

simulations, closed-form expressions are derived for the resistant force according to the Upper-Bound theorem of plasticity. Finally, the analytical expressions are validated by comparison with numerical results. In the second part of the thesis, the developments are implemented in a structural solver named *FLAGS*, which is coupled with the external dynamics solver *MCOL* to account for the action of the surrounding water. *FLAGS/MCOL* solver is validated by confrontation to *Ls-Dyna/MCOL* F.E. solutions for various full scale grounding accidents. Finally, the simplified tool is used to simulate thousands of grounding events with the aim of quantifying the influence of different reinforcements on the ship damage extent.