

Évaluation de la résistance ajoutée d'un porte-conteneurs dans un état de mer irrégulier directionnel par simulations numériques en vagues régulières et irrégulières

M. TIERNO⁽¹⁾, T. DESCAMPS^(1,2), G. DUCROZET⁽¹⁾, B. BOUSCASSE⁽¹⁾

matthieu.tierno@ec-nantes.fr, theo.descamps@bvsolutions-m-o.com

guillaume.ducrozet@ec-nantes.fr, benjamin.bouscasse@ec-nantes.fr

⁽¹⁾Nantes Université, École Centrale Nantes, CNRS, LHEEA, UMR 6598, F-44000 Nantes, France

⁽²⁾Bureau Veritas Solutions Marine et Offshore, F-44000 Nantes, France

Résumé

L'évaluation de la résistance ajoutée sur houle est un paramètre clé de la caractérisation des performances d'un navire dans un but de décarbonisation du transport maritime. La résistance ajoutée permet notamment d'évaluer des paramètres tel que l'**Energy Efficiency Design Index (EEDI)** ou l'effet des vagues sur la vitesse d'avance du navire comme par exemple le coefficient $f_w = \frac{V_w}{V_{ref}}$ (avec V_w la vitesse du navire dans les vagues et V_{ref} la vitesse du navire en eau calme (IMO 2012)) indiquant la diminution de la vitesse du navire dans des conditions de mer représentatives.

Plusieurs approches ont permis d'évaluer la résistance ajoutée, notamment grâce à des formules empiriques [2], des approches simplifiées utilisant des méthodes potentielles [4] et des approches haute-fidélité permettant de prendre en compte les effets non linéaires associés à la résistance ajoutée [1].

Il est possible, en suivant la théorie du deuxième ordre, de construire une fonction de transfert quadratique (QTF), proportionnelle à l'amplitude des vagues au carré (des essais expérimentaux ont montré que cette dépendance n'était pas exacte pour des vagues régulières [1]). Il est envisageable de construire cette QTF à travers des simulations CFD d'un bateau dans une houle régulière pour différentes cambrures de vagues. La résistance ajoutée sur houle irrégulière peut alors être calculée en multipliant la QTF avec le spectre de vagues. Cette méthode est appelée méthode spectrale (voir équation (1) avec $R_{s_{aw}}$ la résistance ajoutée sur houle irrégulière, $R_{aw}(\omega_e)/A^2(\omega_e)$ la QTF construite à partir de la résistance ajoutée obtenue en vague régulière R_{aw} et A l'amplitude des vagues ainsi que S_η le spectre de vagues vu par le bateau) :

$$R_{s_{aw}}(S_\eta) = 2 \int_0^\infty S_\eta(\omega_e) \frac{R_{aw}(\omega_e)}{A^2(\omega_e)} d\omega_e \quad (1)$$

Cette méthode pour obtenir la résistance ajoutée en houle irrégulière est plus rapide que des simulations directes du bateau dans un état de mer irrégulier. Cependant, il est difficile de quantifier la précision de la méthode spectrale.

L'objectif de l'étude est d'investiguer la précision de la méthode spectrale pour une configuration en houle de face en construisant la QTF avec des vagues régulières. L'équation

(1) permet d'estimer la résistance ajoutée sur houle irrégulière, et on réalise ensuite une comparaison de cette dernière avec des simulations directes en houle irrégulière unidirectionnelle. Dans un second temps, l'objectif est d'étendre la procédure de validation pour des états de mer irréguliers directionnels et éventuellement des conditions de houles croisées.

Pour réaliser cette étude, le KCS (Kriso CointainerShip) est utilisé. Les simulations CFD seront réalisées avec foamStar, un solveur semi-implicite volume fini dérivé d'OpenFOAM, développé par Centrale Nantes et Bureau Veritas. Les vagues seront générées par le solveur complètement non-linéaire HOS-Ocean.

La figure 1 montre la résistance ajoutée en houle régulière de face pour une cambrure de vague de $\epsilon = H/\lambda = 1.5\%$ obtenue à l'aide du code CFD foamstar. La figure montre aussi des résultats expérimentaux extraits de Tokyo2025 [3] permettant de valider les simulations numériques réalisées pour la même cambrure de vagues. Enfin, la figure montre les deux spectres de vague irrégulières qui seront testés durant cette étude.

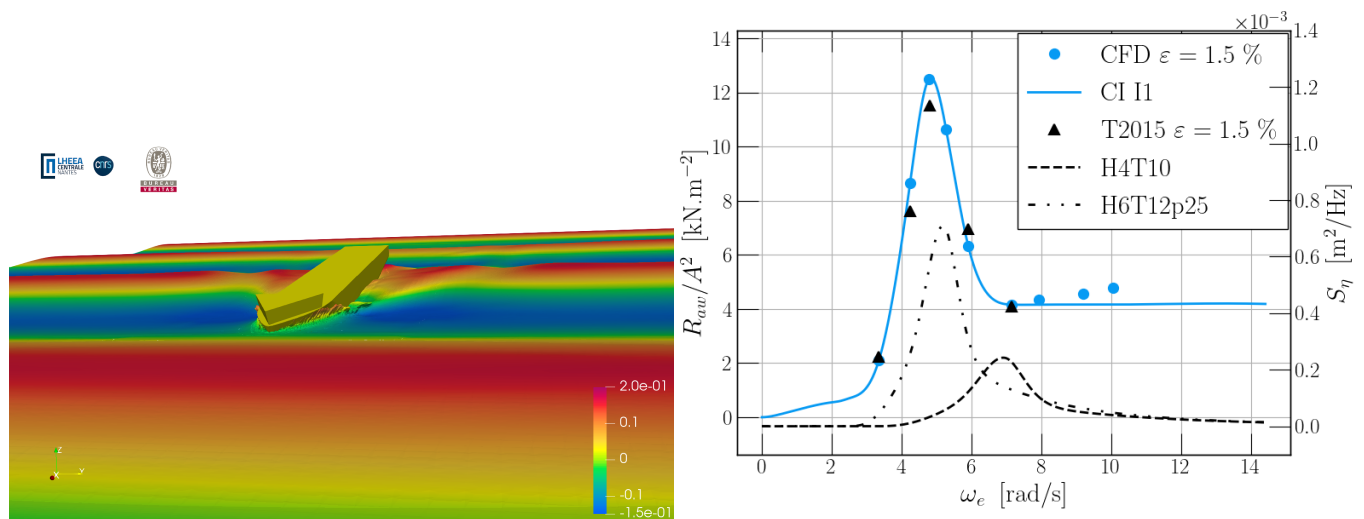


FIGURE 1 – KCS dans une houle de face (à gauche), Résistance ajoutée en vague régulière de face pour une cambrure de vague de 1.5% et les spectres des vagues irrégulières (à droite)

Références

- [1] O. Hizir, M. Kim, O. Turan, A. Day, A. Incecik, and Y. Lee. Numerical studies on non-linearity of added resistance and ship motions of kvlcc2 in short and long waves. *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*, 11(1) :143–153, 2019.
- [2] Y.-R. Kim, E. Esmailian, and S. Steen. A meta-model for added resistance in waves. *Ocean Engineering*, 266 :112749, 2022.
- [3] L. Larsson, F. Stern, M. Visonneau, T. Hino, N. Hirata, and J. Kim. Tokyo 2015 : A workshop on CFD in ship hydrodynamics. In *Workshop Proceedings, Tokyo, Dec*, 2018.
- [4] S. Liu, A. Papanikolaou, and G. Zaraphonitis. Prediction of added resistance of ships in waves. *Ocean Engineering*, 38(4) :641–650, 2011.