

Etude expérimentale et numérique des phénomènes hydrodynamiques liés au passage d'un navire dans une voie navigable confinée : quantification des ondes de batillage et de leur impact sur les berges.

CONTACT

Damien CALLUAUD, Maître de Conférences
e: damien.calluud@univ-poitiers.fr
t: +33 (0)5 49 49 69 43

Envoyez votre lettre de motivation et votre CV
Date limite des candidatures : 23 avril 2021

FINANCEMENT

Financement public type bourse
Salaire : ≈1400€

PROFIL SOUHAITÉ

Diplôme d'Ingénieur Master ou équivalent
Compétences : Mécanique des fluides

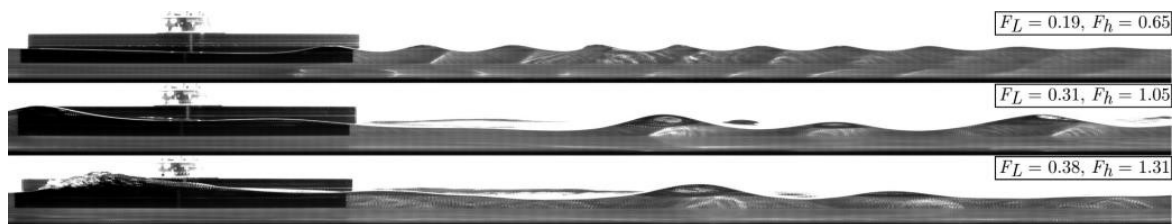
LABORATOIRE D'ACCUEIL

Institut P' (UPR CNRS 3346, Université de Poitiers, ISAE - ENSMA)
Département Fluides, Thermique, Combustion
Equipe HYDÉE HYDroynamique et Écoulements Environnementaux

<https://pprime.fr/la-recherche/fluides-thermique-combustion/hydrodynamique-et-ecoulements-environnementaux-hydee/>

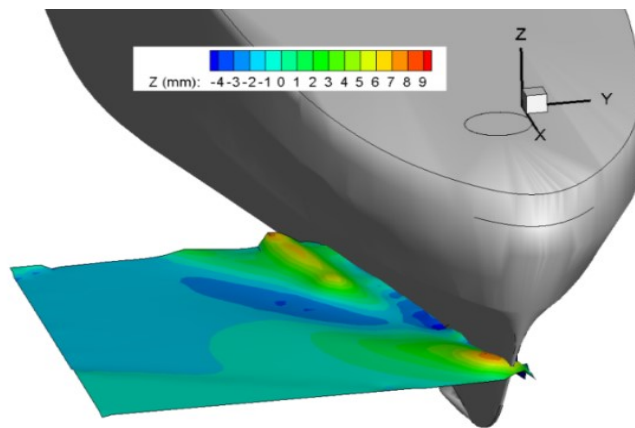
Enjeu abordé par ce projet : la navigation et les infrastructures de navigation

Le lien entre les études menées en laboratoire et la simulation numérique trouve tout son intérêt pour les questions liées à la logistique. Le caractère pluridisciplinaire du sujet permet de relever le défi d'intégration au sein d'un outil numérique de toutes les caractéristiques du transport fluvial. En particulier, les résultats attendus permettent d'analyser l'influence des caractéristiques de navigation (vitesse, forme de la coque, claire sous quille, profondeur d'eau) sur les caractéristiques des ondes de batillages (hauteur, célérité). Ces données apportent une contribution à la connaissance de l'optimisation des bateaux fluviaux et donc de la rentabilité des voies d'eau dans le sens de la réduction du batillage et de son impact sur l'érosion des berges.



MOTIVATION: Les ondes générées par les navires déstructurent les berges des fleuves, rivières et le trait de côte. Ce phénomène d'érosion des rives est principalement lié à la hauteur de la vague générée par les navires. Elle est causée par différents facteurs : la forme de la coque, la vitesse du navire, la distance de la rive, la profondeur de l'eau, le clair sous quille, le sens du courant par rapport à la progression du navire. L'intensité d'érosion des berges est liée également à la morphologie du fleuve et à la zone étudiée : méandre, largeur, aménagement, zone rectiligne, qualité de la berge, hauteur du plan d'eau liée à la marée. Ces phénomènes dus au batillage sont ponctuels. Cependant, les observations ont montré que l'impact sur les berges augmente de façon exponentielle par rapport à l'augmentation de la hauteur des vagues.

OBJECTIF: L'approche proposée par ce projet a pour finalité d'apporter une caractérisation fine des évolutions spatiales et temporelles des ondes générées par la navigation en configuration fluviale confinée avec et sans courant et de quantifier les impacts hydrodynamiques déstructurant les berges.



METHODOLOGIE: Le bassin des carènes de la Plateforme Hydrodynamique Environnementale (pHE) de l'Institut Pprime de Poitiers est une installation destinée à faciliter l'observation du sillage et des ondes de maquettes de navires tractées. Il vise à étudier les impacts de la navigation fluviale sur l'écosystème et la résistance à l'avancement des navires. L'étude proposée repose sur une comparaison des sillages générés par des carènes « génériques » de navires fluviaux en bassin des carènes pour des faibles hauteurs d'eau. Les résultats expérimentaux de champs de vagues ont été obtenus à partir de mesures optiques non-intrusives (Caplier, 2015 ; Gomit, 2013) donnant accès à une définition détaillée et

complète du champ de vagues générées par les navires en configuration fluviale comprenant les problématiques intrinsèques à cette configuration (caractéristiques du champ de vagues des réflexions sur les berges, caractéristiques de la vagues d'étraves, caractéristiques de l'onde solitaire générée à la proue). Cette base de données expérimentale déjà acquise sera complétée et comparée aux résultats de modélisation numérique développée pendant cette thèse au moyen du code de simulation à volume fini StarCCM+.

Ce code utilise pour la surface libre la technique basée sur une méthode de capture. Les deux phases non-miscibles (l'air et l'eau) sont vues comme un fluide unique dont les propriétés varient avec une fonction de présence. Après discrétisation, dans chaque cellule du domaine de calcul, cette variable cellulaire détermine la proportion de la phase présente. En supposant que chaque fluide a une masse volumique constante, on peut facilement montrer que l'écoulement global de ce fluide à caractéristiques physiques variables est incompressible. On incorpore alors la procédure de résolution de l'équation de transport de la fonction de présence dans la boucle de résolution instationnaire. Cette approche est considérablement plus souple qu'une méthode de suivi de surface. Le phénomène de déferlement peut notamment être appréhendé. Néanmoins, la discrétisation de l'équation de transport de la fraction volumique nécessite l'utilisation de schémas numériques sophistiqués.

L'estimation de la hauteur maximale des vagues générées et de l'abaissement du plan d'eau sera examinée en fonction du gabarit et de la vitesse du bateau, du tirant d'eau, de la profondeur et de la largeur de la voie navigable. La finalité de l'étude sera de caractériser ces phénomènes hydrodynamiques en fonction des propriétés des navires (tirant d'eau, position dans la voie navigable, vitesse, coefficient de bloc, ...) et des conditions hydrauliques (largeur, hauteur d'eau, morphologie des berges, barymétrie variable, courant...). Les impacts hydrodynamiques sur les berges seront quant à eux quantifiés par application du théorème des quantités de mouvement pour finalement permettre d'établir des modèles de prédiction des ondes de batillage en fonction des paramètres géométriques et fonctionnels de la voie d'eau et du navire.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- C. CAPLIER, 2015, Etude expérimentale des effets de hauteur d'eau finie, de confinement latéral et de courant sur les sillages et la résistance à l'avancement des navires., Thèse Université de Poitiers
- G. GOMIT, 2013, Mesure 3D de surface libre autours de navires, Thèse Université de Poitiers

Experimental and numerical study of the hydrodynamic phenomena due to passage of ship in a confined waterway: quantification of wake waves and their impact on the banks.

The waves generated by ships erodes the banks of rivers and streams. This shoreline erosion phenomenon is mainly related to the height of the wave generated by the ships. It is caused by various factors: the shape of the hull, the speed of the ship, the distance from the shore, the depth of the water, the clear under keel, the direction of the current in relation to the progress of the ship. The intensity of erosion of the banks is also linked to the morphology of the river and the area studied: meander, width, layout, straight area, quality of the bank. These phenomena due to the movement are occasional. However, observations have shown that the impact on the banks increases exponentially compared to the increase in wave height. The approach proposed aims to provide a detailed characterization of the spatial and temporal evolutions of waves generated by navigation in a confined river configuration with and without current and to quantify the hydrodynamic impacts damaging the banks. The towing tank of the Environmental Hydrodynamic Platform (pHE) of the Institut Pprime, Université de Poitiers is a device intended to facilitate the observation of the wake and waves of towed ship models. It aims to study the impacts of river navigation on the ecosystem and the ship resistance. The proposed study is based on a comparison of the wakes generated by "generic" hulls of river in confined waterway. The experimental results of wave fields were obtained from non-intrusive optical measurements (Caplier, 2015; Gomit, 2013) giving us to access at detailed wave field (wave field of reflections on the banks, the bow waves, the solitary wave generated at the bow). This already acquired experimental database will be completed and compared to the CFD results developed during this thesis using the StarCCM+ finite volume simulation code. This code uses the technique based on a capture method for the free surface. The two immiscible phases (air and water) are seen as a single fluid whose properties vary with a presence function. After discretization, in each cell of the computation domain, this cellular variable determines the proportion of the phase present. Assuming that each fluid has a constant density, we can easily show that the overall flow of this fluid, with varying physical characteristics, is incompressible. Then, we incorporate the procedure to solve the transport equation of the presence function in the unsteady resolution loop. This approach is considerably more flexible than a surface tracking method. In particular, the surge phenomenon can be understood. However, the discretization of the volume fraction transport equation requires the use of sophisticated numerical schemes. Estimation of the maximum height waves generated and the lowering of the water body will be examined according to the size and speed of the ship, and the depth and the width of the waterway. The purpose of the study will be to characterize those hydrodynamic phenomenon as a function of the properties of the vessels (draft, position in the waterway, speed, block coefficient, etc...) and hydraulic conditions (width, water height, morphology of the banks, variable bathymetry, current ...). The hydrodynamic impacts on the banks will be quantified by applying the momentum theorem to finally allow us to define prediction models of wake waves.