

CDD ingénieur de recherche de 18 mois

## Mesure haute résolution de champs de vagues en bassin d'essai par stéréo-vidéo

*Mots-clés: mesure de champ, vagues, stéréo-vidéo, bassin d'essai, expérimentation*

### Objectifs du projet

L'objectif de ce projet financé par l'institut Carnot MERS est la mise en place d'un système de mesure innovant pour la mesure spatio-temporelle haute résolution de l'élévation de surface libre dans un bassin à vagues. Trois bassins d'essais différents seront utilisés comme cas d'application, à savoir le bassin grande profondeur de l'IFREMER à Brest, la veine de circulation de l'IFREMER à Boulogne-sur-Mer et le bassin de génie océanique de l'ECN. L'étendue spatiale de mesure devra être suffisamment grande pour avoir un intérêt applicatif ( $O(10 \text{ m}^2)$ ). L'approche de mesure la plus prometteuse afin d'atteindre l'objectif précédent est la stéréo-vidéo, qui est mise en œuvre depuis quelques années pour des mesures in-situ, notamment avec le système WASS [1, 2].

Nous souhaitons poursuivre les développements initiés dans le cadre du stage de Master de Tristan Adam réalisé à l'IFREMER sur l'application de la stéréo-vidéo à la mesure haute résolution de champs de vagues en bassin d'essai. Ce travail a permis de montrer qu'il était possible de reconstruire la surface libre de manière satisfaisante sur plusieurs mètres carrés (un exemple est illustré à la figure 1) à l'aide d'un système stéréo-vidéo s'appuyant sur deux caméras rapides très sensibles à la lumière, de deux spots puissants éclairants les particules (poussière naturelle) présentes à la surface de l'eau et la suite logiciel WASS [1, 2]. Une analyse comparative entre les mesures stéréo-vidéo et des mesures ponctuelles à l'aide de sondes à houle précises a permis de valider la précision des mesures stéréo-vidéo (voir figure 2). Des résultats très encourageants ont été obtenus en très peu de temps (quelques mois), ce qui confirme l'intérêt de la stéréo-vidéo pour des applications en bassin d'essai. D'un point de vue traitement de données (images), la suite logicielle WASS semble bien adaptée au problème. Différentes pistes d'améliorations ont par contre été identifiées d'un point de vue prise de vue afin d'augmenter la précision de la technique de mesure et la taille de la surface de reconstruction :

- Résolution des caméras
- Couverture de l'éclairage
- Texture de la surface libre

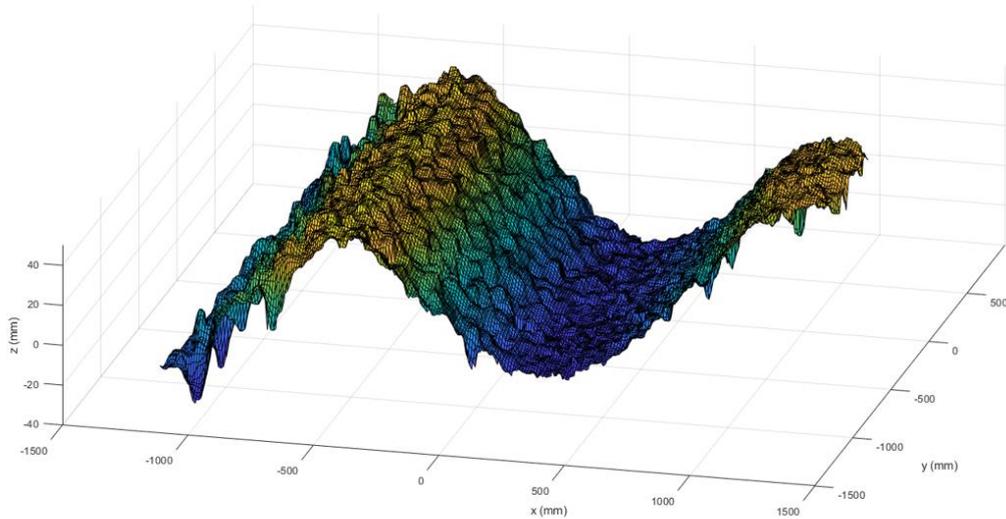


Figure 1: Reconstruction 3D de la surface libre d'une vague de hauteur crête à creux de 6cm et période 1s

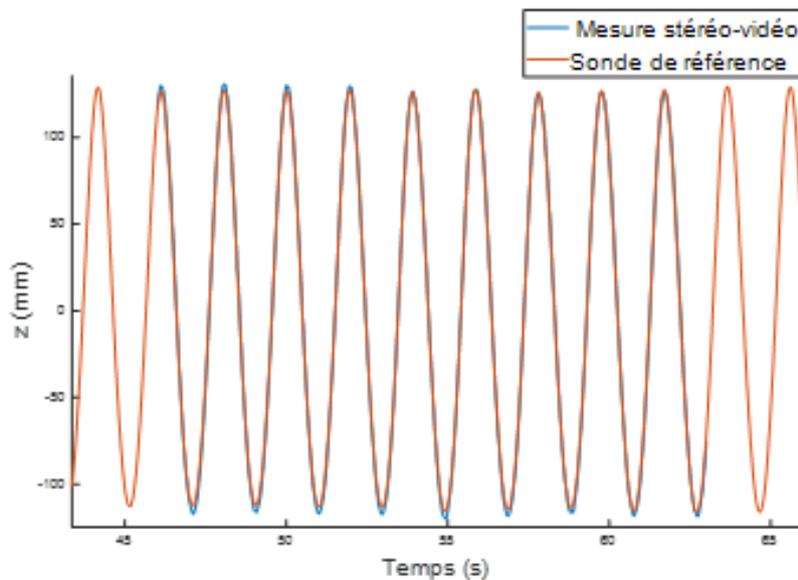


Figure 2: Comparaison entre une mesure stéréo-vidéo et une mesure de sonde à houle asservie

L'originalité du travail que l'on propose réside dans l'amélioration de la texture de la surface libre. On envisage pour cela différents axes de travail : l'ajout de particules flottantes à la surface libre, la génération d'ondes de surface de courtes longueurs d'ondes à l'aide d'émetteurs acoustiques sous-marins et l'utilisation d'un projecteur vidéo infrarouge pour projeter un motif aléatoire à la surface de l'eau.

L'ajout de particules « artificielles » flottantes est une façon assez simple d'augmenter la taille des particules présentes à la surface de l'eau et donc de réduire la résolution relative des caméras afin de les détecter sur les images. Cette technique présente un certain nombre de désavantages : les particules doivent être enlevées en fins d'essais, ces particules peuvent endommager certains systèmes de filtration, la dérive des particules peut conduire à des zones sans (ou avec peu de) particules.

La génération d'ondes courtes (longueurs d'ondes de 1 à 10 mm) par des émetteurs acoustiques sous-marins permettrait de contourner ces différents problèmes.

L'utilisation de lumière infrarouge est également une autre piste intéressante. Des travaux ont montré qu'il était possible d'obtenir des résultats intéressants à l'aide d'un laser puissant [3], ce qui pose des problèmes de sécurité pour une utilisation en bassin. L'utilisation d'un vidéoprojecteur infrarouge pourrait permettre de contourner ce problème.

Ensuite, une étape importante de validation sera entreprise dans chacun des bassins afin d'évaluer la précision de la solution technique adoptée en comparaison avec des systèmes de mesure traditionnels (sondes à houle résistives et asservies). Des premiers essais en houle régulière et irrégulière seront effectués à dans les bassins de l'IFREMER à Brest et Boulogne-sur-Mer. Ces derniers seront complétés par des essais similaires à l'ECN, qui seront étendus à des configurations de houle irrégulière multidirectionnelle.

### Verrous à lever

Le principal verrou technologique à lever pour développer l'usage de la stéréovidéo en bassin est la génération d'une texture détectable par les caméras sur une surface assez grande. Avec notre système actuel on ne couvre qu'une zone restreinte car il faut être capable de détecter des particules d'une taille d'environ 1 à 2 mm. Même avec des caméras de plusieurs dizaines de Megapixels, on ne peut ainsi couvrir qu'une zone assez restreinte. La génération d'ondes de l'ordre de 10 mm de longueur d'onde permettrait par contre d'étendre fortement notre zone de mesure tout en gardant une résolution satisfaisante (la résolution actuelle est pour ainsi dire supérieure à nos attentes). Le principal risque du projet réside donc dans la faisabilité de la technique de génération d'ondes de surface par des émetteurs acoustiques sous-marins. Avec l'aide du service acoustique sous-marin de l'IFREMER, nous avons réalisé des tests préliminaires à l'aide d'un haut-parleur sous-marin basse fréquence afin d'évaluer la possibilité de générer des ondes de surface de fréquence comprise entre 50 et 500 Hz. Nous avons ainsi mis en évidence l'apparition d'ondes de Faraday pour des profondeurs d'immersion assez faibles (voir figure 3) mais celles-ci disparaissent lorsque la profondeur dépasse 40 cm. Des ondes hautes fréquences (de 1 à 20 Mhz) avec une amplitude modulée à basse fréquence semble une alternative intéressante à explorer dans le cadre du projet. La faisabilité d'une telle approche a déjà été montrée pour des profondeurs de plusieurs dizaines de centimètres [3, 4]. Il convient à présent d'explorer cette solution pour des profondeurs d'immersion plus élevées (plusieurs mètres) et de rechercher des solutions matérielles adaptées à cette nouvelle application.

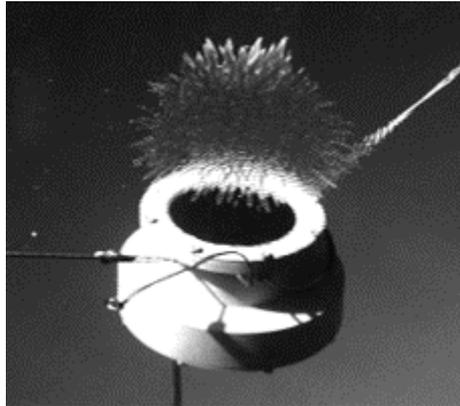


Figure 3: Génération d'ondes de surface à l'aide d'un haut-parleur sous-marin basse fréquence (50Hz) à l'Ifremer

### Moyens et encadrement

L'ingénieur de recherche recruté pour le projet sera basé à l'IFREMER (Brest) afin de pouvoir profiter du matériel de stéréo-vidéo et acoustique disponible. Celui-ci bénéficiera de l'encadrement de l'équipe du bassin d'essai et du service acoustique sous-marine de l'IFREMER (Yves Le Gall). Il réalisera par contre des déplacements réguliers à Nantes et Boulogne-sur-Mer pour des réunions de travail et réaliser des essais au bassin de l'ECN et à la veine de circulation de Boulogne-sur-Mer.

### Profil du candidat ou de la candidate

Ingénieur.e ou Docteur.e ayant une solide formation en mesures physiques et/ou électronique, des compétences en informatique/programmation et de solides bases mathématiques lui permettant de bien comprendre les aspects théoriques de la mesure stéréo-vidéo. Nous recherchons une personne ayant un goût prononcé pour la mise au point de dispositifs expérimentaux et faisant preuve d'autonomie dans l'interfaçage et le pilotage de différents instruments (DAQ, capteurs, transducteurs, caméras). Un intérêt pour la recherche et la métrologie sont importants afin de mener à bien ce projet. Des compétences ou une première expérience en acoustique sous-marine sont un plus.

### Durée, dates et lieu d'exercice

Contrat à durée déterminée de 18 mois débutant si possible en septembre 2022. Le poste est basé à l'IFREMER centre de Bretagne près de Brest (Plouzané). Les candidatures sont à déposer avant le 30 mai 2022.

### Contacts

Les personnes intéressées sont invitées à transmettre leur CV et lettre de motivation dès que possible à Alan Tassin, Chercheur à l'IFREMER, responsable du projet ([alan.tassin@ifremer.fr](mailto:alan.tassin@ifremer.fr)) et Guillaume Ducrozet, Maître de Conférences à Centrale Nantes ([guillaume.ducrozet@ec-nantes.fr](mailto:guillaume.ducrozet@ec-nantes.fr)).

## Références

- [1] Benetazzo, A., Fedele, F., Gallego, G., Shih, P. C., & Yezzi, A. (2012). Offshore stereo measurements of gravity waves. *Coastal Engineering*, 64, 127-138.
- [2] Bergamasco, F., Torsello, A., Sclavo, M., Barbariol, F., & Benetazzo, A. (2017). WASS: An open-source pipeline for 3D stereo reconstruction of ocean waves. *Computers & Geosciences*, 107, 28-36.
- [3] Savelyev, I., & Fuchs, J. (2018). Stereo thermal marking velocimetry. *Frontiers in Mechanical Engineering*, 4, 1.
- [4] Prokhorov, V. E., & Chashechkin, Y. D. (2009). Modeling the generation and gravity-capillary waves using an underwater sound source. *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*, 45(4), 495-502.
- [5] Issenmann, B., Wunenburger, R., Chraïbi, H., Gandil, M., & Delville, J. P. (2011). Unsteady deformations of a free liquid surface caused by radiation pressure. *Journal of Fluid Mechanics*, 682, 460-490.