

OFFRE DE STAGE

Pompe à Vagues : Vers un Nouveau Concept de Système d'Extraction d'Énergie des Vagues

Développement d'un Modèle de Substitution pour l'Optimisation de Forme

Rémi Carmigniani¹, Sébastien Boyaval¹, Jeffrey Harris¹, Marissa Yates¹, Christos Papoutsellis¹, Luc Pastur²

¹ LHSV, ENPC, Institut Polytechnique de Paris, EDF R&D, Chatou, France ² IMSIA, ENSTA, Institut Polytechnique de Paris, Palaiseau, France

1 Contexte et Objectifs du Projet

L'objectif du présent projet est d'étudier un nouveau concept de systèmes de récupération d'énergie des vagues (WECs - Wave Energy Converters). L'idée originale provient de l'étude des brise-lames poreux submergés [4, 5] pour réduire les coûts de construction et l'utilisation de matériaux. L'expérience consistait à remplacer un bloc rectangulaire submergé par des pailles alignées avec la direction des vagues et sous une plaque rectangulaire (voir figure 1). Les chercheurs ont alors observé un flux pulsatoire inverse à travers le brise-lames submergé. L'écoulement sous la structure submergée était toujours opposé à la direction principale des vagues.

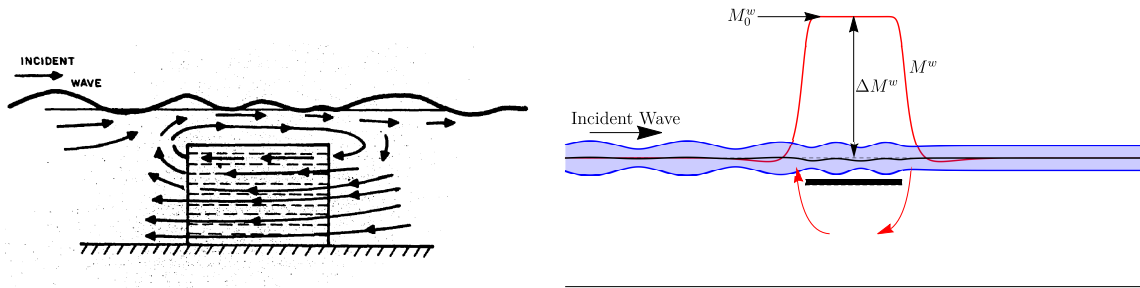


FIGURE 1 – (gauche) Circulation moyenne au niveau du brise-lames (figure extraite de Dick [4]). Les flèches représentent les trajectoires du colorant. (droite) Explication schématique de l'origine du phénomène de pompage. La quantité de matière transportée dans la couche de surface (région décrite par les oscillations de la surface libre) augmente au dessus de la plaque entraînant un phénomène d'aspiration sous la plaque.

À partir de ces observations, plusieurs études [9, 7, 2] ont proposé d'utiliser une plaque rectangulaire submergée simple (brise-lames submergé entièrement poreux) pour générer un flux et récupérer l'énergie des vagues. Les avantages de ce genre de concept de système houlomoteur sont notamment qu'il permet de concentrer l'énergie des vagues dans la zone sous la plaque.

2 État de l'Art et Défis Scientifiques

La conception actuelle n'est pas encore un WEC efficace [9]. Jusqu'à présent, les études [9, 10, 12] ont investigué l'optimisation de la conception numériquement et expérimentalement en variant uniquement la profondeur et la longueur de la plaque, mais sans explorer de nouveaux designs conceptuels (en particulier la forme).

La recherche menée sur ce type de WEC s'est focalisée principalement sur l'écoulement sous la plaque (où l'énergie sera récupérée) et les coefficients de transmission des vagues (aspect protection côtière). **L'optimisation est limitée par le manque de recherche sur l'origine du phénomène de pompage, qui joue un rôle clé dans l'efficacité.**

Carmigniani [3] a présenté un modèle simplifié pour expliquer le phénomène de pompage et l'a connecté à la façon remarquable dont la Nature utilise les vagues pour faire circuler le sang pendant le stade embryonnaire, bien avant que le cœur ne soit pleinement développé [1]. Carmigniani et al. [2] ont démontré que le pompage était dû à une augmentation du transport de masse des vagues dans la couche de surface (voir Figure ??).

Lorsque les vagues déferlent au-dessus de la plaque, ce phénomène d'aspiration est renforcé par la masse supplémentaire transportée pendant le déferlement dans les rouleaux [3, 11, 6]. Cependant, la modélisation et la prédiction du déferlement des vagues restent encore difficiles [8] et encore plus au-dessus d'une structure poreuse telle qu'une plaque submergée.

3 Objectifs du Stage

Dans le cadre de ce stage, nous proposons de commencer à développer une **base de données** pour construire un « **modèle de substitution** » (**surrogate model**) afin d'optimiser la forme de l'objet submergé dans un premier temps, sans nécessairement prendre en compte les pertes dues au système d'extraction d'énergie qui sera placé sous la plaque. Le stage consistera donc à simuler différentes géométries de corps submergées (formes, dimensions, profondeur) sous différentes conditions de vagues (hauteur, période) pour générer une base de données robuste de courant généré sous la plaque et de transport de masse dans la couche de surface. Cette base de données servira ensuite à construire un modèle de substitution basé sur des techniques d'apprentissage automatique (régression, réseaux de neurones, etc.) pour prédire rapidement les performances pour différentes géométries.

4 Informations Pratiques

Durée :	5 à 6 mois
Période :	À définir selon disponibilités
Lieu :	LHSV, EDF Lab de Chatou
Encadrement :	Rémi Carmigniani, Luc Pastur, Sébastien Boyaval, Jeffrey Harris, Marissa Yates, Christos Papoutsellis.
Gratification :	Selon réglementation en vigueur
Candidature :	CV + Lettre de motivation + Relevés de notes à remi.carmigniani@enpc.fr

Références

- [1] Générer des courants à partir des vagues. <https://ingenius.ecoledesponts.fr/articles/generer-des-courants-a-partir-des-vagues/>, Oct. 2023.
- [2] R. Carmigniani, A. Leroy, and D. Violeau. A simple SPH model of a free surface water wave pump : Waves above a submerged plate. *Coastal Engineering Journal*, 61(1) :96–108, Jan. 2019.
- [3] R. Carmigniani, D. Violeau, and G. Morteza. Resonance wave pumping : Mean wave mass flux. In *37th IAHR World Congress*, volume Sustainable (renewable) energy, pages 2966–2974, Kuala Lumpur, Malaysia, Aug. 2017.
- [4] T. M. Dick. *On Solid and Permeable Submerged Plate Breakwaters*. PhD thesis, Queen's University, Kingston, Ont, 1968.
- [5] T. M. Dick and A. Brebner. Solid and permeable submerged breakwaters. In *Coastal Engineering Proceedings*, number 11, page 72, Jan. 1968.
- [6] J. Fredsoe and R. Deigaard. *Mechanics of Coastal Sediment Transport*, volume Volume 3 of *Advanced Series on Ocean Engineering*. World scientific, Nov. 1992.
- [7] M. He, X. Gao, W. Xu, B. Ren, and H. Wang. Potential application of submerged horizontal plate as a wave energy breakwater : A 2D study using the WCSPH method. *Ocean Engineering*, 185 :27–46, Aug. 2019.
- [8] S. Mohanlal, J. C. Harris, M. L. Yates, and S. T. Grilli. Unified depth-limited wave breaking detection and dissipation in fully nonlinear potential flow models. *Coastal Engineering*, 183 :104316, Aug. 2023.
- [9] G. Orer and A. Ozdamar. An experimental study on the efficiency of the submerged plate wave energy converter. *Renewable Energy*, 32(8) :1317–1327, July 2007.
- [10] F. M. Seibt, E. D. Dos Santos, L. A. Isoldi, and L. A. O. Rocha. Constructal Design on full-scale numerical model of a submerged horizontal plate-type wave energy converter. *Marine Systems & Ocean Technology*, 18(1-2) :1–13, Sept. 2023.
- [11] I. A. Svendsen. Mass flux and undertow in a surf zone. *Coastal Engineering*, 8(4) :347–365, Nov. 1984.
- [12] G. Ü. Thum, R. P. Maciel, P. H. Oleinik, L. A. O. Rocha, E. D. dos Santos, F. M. Seibt, B. N. Machado, and L. A. Isoldi. Numerical Analysis of the Submerged Horizontal Plate Device Subjected to Representative Regular and Realistic Irregular Waves of a Sea State. *Fluids*, 9(8) :188, Aug. 2024.