

Proposition de sujet de thèse 2026

(A remplir par les équipes d'accueil et à retourner à Isabelle HAMMAD : hammad@cerege.fr
*à renseigner obligatoirement pour la validation du sujet, (1) : A remplir lors de la campagne d'attribution des allocations, à l'issue de la session de juin des Masters

Sujet de doctorat proposé *: Formation et amplification de vagues par le vent : de la théorie à l'observation

Encadrant(s), nom, prénom, adresse mail *:

- Néel, Baptiste, baptiste.neel@univ-amu.fr (co-directeur, 50%)
- Andreotti, Bruno, bruno.andreotti@u-paris.fr (co-directeur, 50%)
- Guérin, Charles-Antoine, charles-antoine.guerin@univ-tln.fr (co-encadrant)

Laboratoire *: MIO (UMR 7294)

Tableau récapitulatif du sujet

Candidat(e)⁽¹⁾	
Nom - Prénom :	
Date de naissance :	
Licence (origine, années, mention) :	
Mention et classement au Master 1 année (Xème sur Y)	
Mention et classement au S3 du Master 2 (Xème sur Y)	
Mention et classement au S4 du Master 2 (Xème sur Y)	
Mention et classement au M2 (année) (Xème sur Y)	
MASTER (nom, université)	
Sujet de doctorat proposé*	Formation et amplification de vagues par le vent : de la théorie à l'observation
Encadrants (2 max, indiquer si HDR ou pas)*	Baptiste Néel (non HDR), Bruno Andreotti (HDR)
Laboratoire*	MIO (UMR 7294)
Programme finançant la recherche (indiqué si obtenu ou envisagé) (1)	

Sujet de doctorat proposé*

Intitulé* : **Formation et amplification de vagues par le vent : de la théorie à l'observation**

Descriptif *:

Résumé:

La surface marine est un lieu essentiel d'échanges entre l'océan et l'atmosphère, où les vagues engendrées par le vent, de leur formation à leur déferlement, jouent un rôle majeur, étudié depuis des décennies. Toutefois, de nombreuses questions demeurent ouvertes au sujet de la croissance des vagues, mises en lumière par des expériences récentes : de l'interprétation du déphasage entre la pression et le profil de vague au rôle de la viscosité du liquide, en passant par les interactions des vagues de vent avec les courants marins. Une meilleure compréhension de ces phénomènes est nécessaire pour interpréter la masse croissante de données d'observation de l'océan, notamment spatiales. Couplant modèles, expériences contrôlées en soufflerie-canal et observations radar, la thèse s'attachera à apporter des réponses à ces questions fondamentales et à améliorer les modélisations hydrodynamiques nécessaires à l'inversion des mesures radar de nouvelle génération.

Contexte et objectifs:

L'interface entre l'océan et l'atmosphère représente une frontière dynamique essentielle pour la régulation du climat, où les vagues jouent un rôle central dans les transferts d'énergie, de quantité de mouvement et de masse entre l'air et la mer. Malgré leur importance, notamment dans l'interprétation et l'inversion des mesures satellitaires de la surface de la mer, les mécanismes physiques gouvernant la formation et l'amplification des vagues par le vent restent à ce jour partiellement compris [Pizzo et al., 2021]. Un premier défi réside dans l'explication du déphasage entre la modulation de pression exercée par le vent et le profil topographique des vagues. Bien que mise en équation dès les travaux séminaux de Miles [1957], elle n'a été mesurée que récemment dans des expériences de laboratoire [Buckley et al., 2020, Funke et al., 2021] et de terrain [Buckley et al., 2025], et demeure partiellement caractérisée et comprise dans le cas général. Deuxièmement, des expériences tout aussi récentes ont révélé une influence inattendue de la viscosité du liquide [Paquier et al., 2016, Zhang et al., 2023], suggérant l'existence d'une transition entre deux régimes hydrodynamiques de rugosités surfaciques distinctes, lorsque l'épaisseur de la sous-couche visqueuse devient inférieure à la rugosité induite par les fluctuations turbulentes [Phillips, 1957, Perrard et al., 2019]. Enfin, les interactions entre le vent, les vagues et les courants demeurent un champ de recherche actif, tant du point de vue théorique qu'appliqué à la mesure des courants marins par télédétection radar [Gille et al., 2025].

Ce projet vise ainsi à apporter des réponses fondamentales aux questions ouvertes sur les interactions entre le vent, le courant et les vagues, aux échelles gravito-capillaires de formation de ces dernières. Motivé par le besoin de modélisations hydrodynamiques fines pour l'inversion de mesures radar de nouvelle génération en bande Ka (sondant des longueurs d'ondes de vagues autour de 10 mm), il se situe à l'interface entre la mécanique des fluides, la physique non-linéaire et l'océanographie physique. Son ambition réside dans la combinaison d'essais expérimentaux de grande ampleur, d'approches théoriques traditionnellement dédiées à l'étude des systèmes dynamiques non-linéaires, et d'observations radar in situ. Le premier objectif est de mesurer et de prédire le déphasage des contraintes turbulentes par rapport aux vagues, un phénomène encore non résolu, notamment en raison de la mobilité de la surface de l'eau dans le référentiel des vagues. Les études existantes, principalement menées sur des surfaces rigides, ne permettent pas de rendre compte de cette dynamique particulière. Une attention particulière sera portée à l'hypothèse d'une transition entre régimes lisse et rugueux, qui pourrait expliquer la nucléation des vagues sous-critiques, mais qui n'a jamais été testée de manière contrôlée ni soutenue par une base théorique solide.

Un deuxième objectif sera de relier les avancées théoriques et expérimentales obtenues en laboratoire aux problématiques actuelles de la télédétection de l'état de la mer par radar, afin d'améliorer les algorithmes d'inversion. Une modélisation hydrodynamique du champ de vagues visera à incorporer des représentations pertinentes de différents phénomènes tels que les vagues de gravité-capillarité, la modulation des vaguelettes par les vagues longues, les interactions avec le courant, ou encore les variations de pression dans la couche limite.

La thèse se déroulera à l'Institut Méditerranéen d'Océanologie (MIO, UMR 7294), laboratoire de recherche de l'Université d'Aix-Marseille, de l'Université de Toulon, du CNRS et de l'IRD. Les recherches seront menées au sein de l'équipe Océanographie Physique, Littorale et Côtière (OPLC), spécialisée dans l'étude des processus physiques océaniques et couplés avec l'atmosphère, des échelles climatiques aux échelles dissipatives de la turbulence. Plus spécifiquement, les expériences de formation et amplification de vagues par le vent seront menées dans deux moyens d'essai de la plateforme Hydrodynamique et Aérodynamique à l'Interface Air-Mer (HAIAM) dédiés aux interactions entre l'océan et l'atmosphère : la Grande Soufflerie Vent-Vagues (LASIF) et sa maquette à l'échelle 1:5 (MASIF). Installation unique en Europe, le LASIF permet de reproduire de manière contrôlée, sur une longueur de bassin de 40 m et grâce à la superposition d'une soufflerie à très faible niveau de turbulence, de nombreux phénomènes ayant lieu à l'interface air-mer : formation de vagues par des vents jusqu'à 15 m s^{-1} , interactions de vagues de vent avec une houle développée au moyen d'un batteur générateur de houle, déferlement et impact de vagues, échanges gazeux entre l'eau et l'air, etc. D'une longueur plus modeste de 8 m, le LASIF garantit un accès optique intégral et permet des comparaisons d'échelle.

L'encadrement sera réalisé par Baptiste Néel (MCF AMU, co-directeur, 50%), Bruno Andreotti (PR Paris Cité, co-directeur, 50%) et Charles-Antoine Guérin (PR UTLN, co-encadrant). Une convention de co-direction sera signée entre l'Université d'Aix-Marseille et l'Université Paris-Cité.

Calendrier indicatif de la thèse:

- Janvier 2027-mars 2027 : pré-campagne expérimentale (encadrement principal Baptiste Néel, Charles-Antoine Guérin, avec Bruno Andreotti).
- Avril 2027-décembre 2027 : cadre théorique (encadrement principal Bruno Andreotti, avec Charles-Antoine Guérin et Baptiste Néel).
- Janvier 2028-octobre 2028 : campagne expérimentale et analyse de données (encadrement principal Baptiste Néel et Charles-Antoine Guérin, avec Bruno Andreotti entre janvier et mars).
- Novembre 2028-août 2029 : interprétation et modélisation des données expérimentales, comparaison avec des données observationnelles.
- Septembre 2029-décembre 2029 : rédaction et soutenance.

Références:

- M. P. Buckley, F. Veron, and K. Yousefi. Surface viscous stress over wind-driven waves with intermittent airflow separation. *J. Fluid Mech.*, 905 :A31, 2020. doi : 10.1017/jfm.2020.760.
- M. P. Buckley, J. Horstmann, I. Savelyev, and J. R. Carpenter. Direct observations of airflow separation over ocean surface waves. *Nat. Commun.*, 16 :5526, July 2025. doi :10.1038/s41467-025-61133-1.
- C. S. Funke, M. P. Buckley, L. K. P. Schultze, F. Veron, M.-L. E. Timmermans, and J. R. Carpenter. Pressure Fields in the Airflow over Wind-Generated Surface Waves. *J. Phys.Oceanogr.*, 51 :3449–3460, Nov. 2021. doi : 10.1175/JPO-D-20-0311.1.
- S. T. Gille, F. Ardhuin, and A. B. Villas Bôas. Wind, Waves, and Surface Currents :Interactions at Mesoscales and Submesoscales. *Annu. Rev. Mar. Sci.*, Aug. 2025. doi :10.1146/annurev-marine-040323-034908.
- J. W. Miles. On the generation of surface waves by shear flows. *J. Fluid Mech.*, 3 :185–204,1957. doi : 10.1017/S0022112057000567.
- A. Paquier, F. Moisy, and M. Rabaud. Viscosity effects in wind wave generation. *Phys.Rev. Fluids*, 1 :083901, Dec. 2016. doi : 10.1103/PhysRevFluids.1.083901.
- S. Perrard, A. Lozano-Durán, M. Rabaud, M. Benzaquen, and F. Moisy. Turbulent windprint on a liquid surface. *J. Fluid Mech.*, 873 :1020–1054, Aug. 2019. doi : 10.1017/jfm.2019.318.
- O. M. Phillips. On the generation of waves by turbulent wind. *J. Fluid Mech.*, 2 :417–445, 1957. doi : 10.1017/S0022112057000233.
- N. Pizzo, L. Deike, and A. Ayet. How does the wind generate waves ? *Phys. Today*, 74 :38–43, 2021. doi : 10.1063/PT.3.4880.
- J. Zhang, A. Hector, M. Rabaud, and F. Moisy. Wind-wave growth over a viscous liquid. *Phys. Rev. Fluids*, 8 :104801, Oct. 2023. doi : 10.1103/PhysRevFluids.8.104801.

Détail du Programme finançant la recherche* : N/A

Directeur(s) de thèse proposé(s)*

(limiter au plus à deux personnes principales, dont au moins une titulaire de l'HDR)

Directeur HDR proposé*

Nom - Prénom : Andreotti Bruno

Corps : Professeur des Universités

Laboratoire (i.e. formation contractualisée de rattachement, éventuellement équipe au sein de cette formation) : Laboratoire de Physique de l'École Normale Supérieure, équipe Mécanique, matière molle, morphogénèse

Adresse mail : bruno.andreotti@u-paris.fr

Choix de cinq publications récentes (souligner éventuellement les étudiants dirigés co-signataires) :

- Charru, F., Andreotti, B., and Claudin, P. (2013). "Sand Ripples and Dunes," *Annu. Rev. Fluid Mech.*, **45**, 469–493. doi:[10.1146/annurev-fluid-011212-140806](https://doi.org/10.1146/annurev-fluid-011212-140806)
- Jia, P., Andreotti, B., and Claudin, P. (2023). "Hydrodynamic roughness induced by a multiscale topography," *J. Fluid Mech.*, **974**, A16. doi:[10.1017/jfm.2023.795](https://doi.org/10.1017/jfm.2023.795)
- Lester, C. W., Murray, A. B., Duran, O., Andreotti, B., and Claudin, P. (2025). "Emergence of wind ripples controlled by mechanics of grain-bed impacts," *Nat. Geosci.*, **18**, 344–350. doi:[10.1038/s41561-025-01672-w](https://doi.org/10.1038/s41561-025-01672-w)
- Poydenot, F., and Andreotti, B. (2024a). "Gap in drop collision rate between diffusive and inertial regimes explains the stability of fogs and non-precipitating clouds," *J. Fluid Mech.*, **987**, A37. doi:[10.1017/jfm.2024.413](https://doi.org/10.1017/jfm.2024.413)
- Poydenot, F., and Andreotti, B. (2024b). "Pathways from nucleation to raindrops," *Phys. Rev. Fluids*, **9**, 123602. doi:[10.1103/PhysRevFluids.9.123602](https://doi.org/10.1103/PhysRevFluids.9.123602)

Thèses encadrées ou co-encadrées au cours des quatre dernières années*

Nom : Florian Poydenot
Intitulé : Dynamique multiéchelles des nuages
Type d'allocation : AMN (UIm)
Date de début de l'allocation de doctorat : 1/9/2020
Date de soutenance (si la thèse est soutenue) : 4/7/2024
Programme finançant la recherche : ANR Smart
Situation actuelle du docteur (si la thèse est soutenue) : post-doctorant
Pourcentage de participation du directeur à l'encadrement en cas de co-direction : 100%

Nom : Nathan Fourcade
Intitulé : De la pluie aux proto-planètes : dynamique d'agglomération de poussières et de gouttes
Type d'allocation : bourse ED Pif
Date de début de l'allocation de doctorat : 1/10/2024
Date de soutenance (si la thèse est soutenue) :
Programme finançant la recherche : ANR APieds
Situation actuelle du docteur (si la thèse est soutenue) :
Pourcentage de participation du directeur à l'encadrement en cas de co-direction : 100%

Autre directeur proposé (éventuellement)*

Nom - Prénom : Néel Baptiste
Corps : Maître de Conférences

Adresse mail : baptiste.neel@univ-amu.fr

Laboratoire (i.e. formation contractualisée de rattachement, éventuellement équipe au sein de cette formation) : MIO, équipe Océanographique, Physique et Côtière

Choix de cinq publications récentes (souligner éventuellement les étudiants dirigés co-signataires) :

- Erinin, M. A., Néel, B., Ruth, D. J., Mazzatenta, M., Jaquette, R. D., Veron, F., and Deike, L. (2022). "Speed and Acceleration of Droplets Generated by Breaking Wind-Forced Waves," *Geophys. Res. Lett.*, **49**, e2022GL098426. doi:[10.1029/2022GL098426](https://doi.org/10.1029/2022GL098426)
- Mazzatenta, M., Erinin, M. A., Néel, B., and Deike, L. (2025). "Linking emitted drops to collective bursting bubbles across a wide range of bubble size distributions," *J. Fluid Mech.*, **1015**, A8. doi:[10.1017/jfm.2025.10273](https://doi.org/10.1017/jfm.2025.10273)
- Néel, B., Erinin, M. A., and Deike, L. (2022). "Role of Contamination in Optimal Droplet Production by Collective Bubble Bursting," *Geophys. Res. Lett.*, **49**, e2021GL096740. doi:[10.1029/2021GL096740](https://doi.org/10.1029/2021GL096740)
- Néel, B., and Luneau, C. (2026). *Surface wave damping at high winds under the action of a soluble surfactant*. Submitted to *Water Waves*.
- Ruth, D. J., Néel, B., Erinin, M. A., Mazzatenta, M., Jaquette, R., Veron, F., and Deike, L. (2022). "Three-Dimensional Measurements of Air Entrainment and Enhanced Bubble Transport During Wave Breaking," *Geophys. Res. Lett.*, **49**, e2022GL099436. doi:[10.1029/2022GL099436](https://doi.org/10.1029/2022GL099436)

Thèses encadrées ou co-encadrées au cours des quatre dernières années*