

## Titre :

### Couplages dynamiques déterministes vent-vagues pour la couche limite atmosphérique marine

Mots-clés : interaction océan-atmosphère, analyse de données terrain, modélisation numérique, états de mer, turbulence atmosphérique

## Encadrement :

Boris Conan, MCF, LHEEA

## Contacts :

[Boris.conan@ec-nantes.fr](mailto:Boris.conan@ec-nantes.fr)

## Période :

2024-2027

## Sujet :

La couche limite atmosphérique marine (CLAM), de même que les couches supérieures de l'océan, jouent un rôle central dans les flux air-mer de masse, de quantité de mouvement, de chaleur et d'humidité fournissant des conditions limites cruciales pour l'atmosphère et l'océan qui pilotent l'évolution des conditions météorologiques et le climat. Le modèle standard utilisé pour paramétrer les caractéristiques de l'atmosphère proche de la surface, y compris en conditions marines, est basé sur la loi logarithmique et la théorie de similitude de Monin-Obukhov (MOST) prenant en compte la stabilité thermique de l'atmosphère. Cette approche décrit la turbulence dans la couche de surface en utilisant les hypothèses de stationnarité et d'homogénéité horizontale et implique des flux turbulents de chaleur sensible, de quantité de mouvement et d'humidité constant dans la couche de surface (CS). C'est à partir de ces hypothèses que sont paramétrés les profils atmosphériques moyens verticaux.

On sait que cette approche, construite pour la couche limite terrestre, est remise en cause dans la CLAM, proche de la surface par les interactions dynamiques air-mer (vagues, courants, déferlement...) qui sont susceptibles d'éloigner les profils de vitesse, de température et d'humidité de ceux prédit par MOST. C'est en particulier le cas pour une houle importante associée à un vent faible, cas observé en laboratoire, en simulation et in-situ (Buckley et al, 2016, Veron et al, 2009, Paskin et al, 2022a). Mais les observations de profils proches de la surface restent relativement rares, ce qui limite la compréhension de la physique et la paramétrisation de telles interactions, notamment pour les cas de rétroaction des vagues vers l'atmosphère ou de conditions de vagues-vent désalignés...

Le LHEEA s'intéresse à ces questions depuis plusieurs années d'un point de vue numérique par des outils de simulations CFD RANS (Perignon et al., 2014) puis par un modèle développé par (Cathelain, 2017) et (Paskin et al., 2022b), sur la base d'une approche LES atmosphérique (Sullivan et al. 2014) et HOS (Ducrozet et al. 2016) permettant de représenter localement de manière déterministe le couplage dynamique océan-atmosphère, et par des campagnes de mesures terrain utilisant un LiDAR scannant (Paskin et al 2022a, Conan et Visich 2023) permettant la mesure des profils de vent et de turbulence en conditions réelles.

La thèse proposée s'intéresse à la description de l'ensemble des conditions environnementales et vise à caractériser finement la dynamique des écoulements atmosphériques tridimensionnels, aux échelles d'interactions avec des structures marines grâce à l'exploitation du modèle numérique couplé et de mesures in-situ par LiDAR scannant avec un intérêt particulier sur **les cas de rétro-action de la houle sur l'atmosphère.**

Outre une revue bibliographique et la prise en main des moyens numériques et expérimentaux du laboratoire, le travail s'articulera autour :

- Du post-traitement des champs de vent à partir de cas existants archivés, simulés lors de la thèse de M. Cathelain et L. Paskin, et à partir de cas complémentaires à simuler.
- Du post-traitement des données terrain de profil de vent, turbulence et de flux de surface issue des

différentes campagnes terrain disponibles.

- De l'analyse de l'impact des différents états de mer sur les caractéristiques aérodynamiques de la CLAM (rugosité aérodynamique, organisation turbulente, profil de vent dans les basses couches...), en particulier dans des cas de désalignement vent/houle.

Ce travail de thèse s'inscrit dans une dynamique forte du LHEEA ces dernières années sur l'étude des conditions environnementales océaniques. Le travail engagé pourra s'appuyer sur les développements numériques et expérimentaux du LHEEA, et il profitera des moyens d'essais de la Fondation OPEN-C (SEM-REV, etc.) et de différents partenaires sur ces thématiques (Ifremer, MIO-IRPHE , etc.). Ces travaux conduiront à des communications dans des congrès internationaux ainsi que des publications dans des journaux.

#### Références :

- Buckley, M.P., Veron, F., 2016. Structure of the Airflow above Surface Waves. *Journal of Physical Oceanography* 46, 1377-1397. <https://doi.org/10.1175/JPO-D-15-0135.1>
- Cathelain, M. (2017). *Development of a deterministic numerical model for the study of the coupling between an atmospheric flow and a sea state* (PhD Thesis). Centrale Nantes.
- Conan, B., & Visich, A., 2023. Measurement and analysis of high altitude wind profiles over the sea in a coastal zone using a scanning wind LiDAR-application to wind energy. *Wind Energy Science Discussions*, 2023, 1-23.
- Ducrozet, G., Bonnefoy, F., Le Touzé, D., & Ferrant, P. (2016). HOS-ocean: Open-source solver for nonlinear waves in open ocean based on High-Order Spectral method. *Computer Physics Communications*, 203, 245-254. <https://doi.org/10.1016/j.cpc.2016.02.017>
- Paskin, L., Conan, B., Perignon, Y., & Aubrun, S., 2022a. Evidence of Ocean Waves Signature in the Space-Time Turbulent Spectra of the Lower Marine Atmosphere Measured by a Scanning LiDAR. *Remote Sensing*, 14(13), 3007.
- Paskin, L., Conan, B., Perignon, Y., & Aubrun, S., 2022b. A Dynamic Large-Scale Driving-Force to Control the Targeted Wind Speed in Large Eddy Simulations above Ocean Waves. *Atmosphere*, 13(12), 2012.
- Perignon, Y., Ardhuin, F., Cathelain, M., & Robert, M. (2014). Swell dissipation by induced atmospheric shear stress. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 119(10), 6622-6630.
- Sullivan, P. P., McWilliams, J. C., & Patton, E. G. (2014). Large-Eddy Simulation of Marine Atmospheric Boundary Layers above a Spectrum of Moving Waves. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 71(11), 4001-4027. <https://doi.org/10.1175/JAS-D-14-0095.1>
- Veron, F., Melville, W. K., & Lenain, L., 2009. Measurements of ocean surface turbulence and wave-turbulence interactions. *Journal of Physical Oceanography*, 39(9), 2310-2323.