



HAL
open science

Présentation du flotteur PICCOLO (Profiling Instrument to Check if the wind Curvature is Only Logarithmic on the Ocean)

Denis Bourras, Hubert Branger, Guillaume Koenig, Marie Cathelain, Y. Perignon

► To cite this version:

Denis Bourras, Hubert Branger, Guillaume Koenig, Marie Cathelain, Y. Perignon. Présentation du flotteur PICCOLO (Profiling Instrument to Check if the wind Curvature is Only Logarithmic on the Ocean). Atelier Expérimentation Instrumentation, Oct 2017, Brest, France. . hal-01629709

HAL Id: hal-01629709

<https://hal.science/hal-01629709>

Submitted on 6 Nov 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Présentation du flotteur PICCOLO (Profiling Instrument to Check if the wind Curvature is Only Logarithmic on the Ocean)

Denis Bourras¹, Hubert Branger², Guillaume Koenig¹, Marie Cathelain³, et Y. Pérignon³

¹ MIO, Marseille, UMR7294
² IRPHE, Marseille, UMR7342
³ LHEEA, Nantes, UMR 6598

Atelier Expérimentation Instrumentation (AEI) Brest, 17-19 oct. 2017

Introduction

La bouée PICCOLO est un prototype de flotteur dérivant. Cette bouée a été conçue pour échantillonner le profil vertical de vent dans les deux premiers mètres au-dessus de la surface de l'océan, ainsi que son évolution en fonction des creux et des crêtes des vagues. Nous présentons ici les solutions techniques retenues pour fabriquer le mât profileur, l'étalonnage des anémomètres, et les premiers résultats obtenus à l'issue d'une brève sortie en mer qui visait à valider le concept de PICCOLO.

Conception du mât

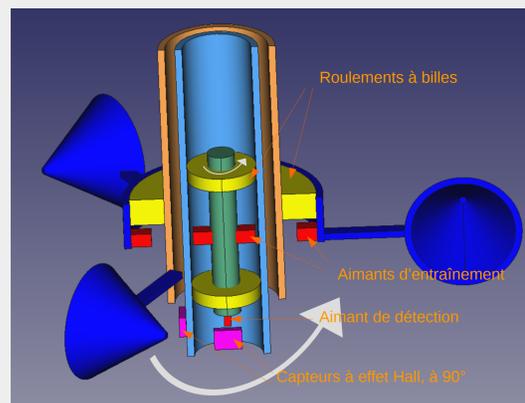


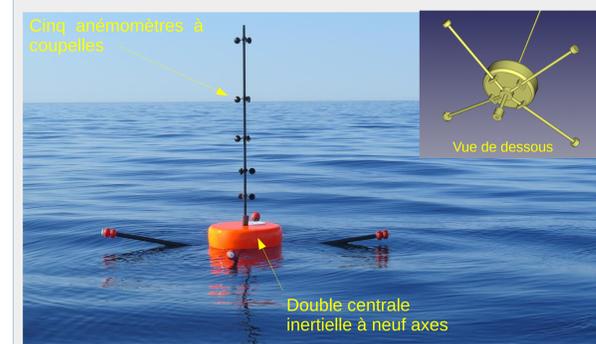
Illustration. Vue écorchée du mât au niveau d'une hélice

Points clés :

- Le mât comporte plusieurs tubes imbriqués
- Chaque anémomètre comporte :
 - deux capteurs placés à 90° l'un de l'autre
 - trois roulements à billes
- cinq aimants (quatre pour l'entraînement de l'axe intérieur, et un pour la détection du mouvement)
- Les câbles passent entre les deux tubes extérieurs



Présentation



- Le flotteur est symétrique : les hélices ne sont pas déportées par rapport au centre du mât, ce qui élimine l'effet de l'orientation du vent sur les mesures. Tous les câbles sont cachés dans le mât pour en améliorer l'aérodynamisme.
- Sa faible masse (~10 kg) et ses bras stabilisateurs à 15° vers le haut lui permettent de suivre le mouvement des vagues, donc on peut en estimer les caractéristiques (fréquence pic, hauteur significative) à l'aide des deux centrales inertielles embarquées (pour la redondance)
- Une balise SPOT assure la localisation du flotteur pour sa récupération
- Les données sont enregistrées à 25 Hz sur une carte SD
- Une liaison bluetooth permet la vérification des données en cours d'acquisition à courte distance
- Hauteur sur l'eau 1m60, hauteur totale 2m20
- Lest immergé actuel : 10 kg, flottabilité restante : 20 kg
- Autonomie : >3 jours

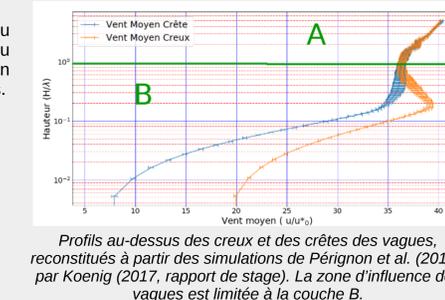
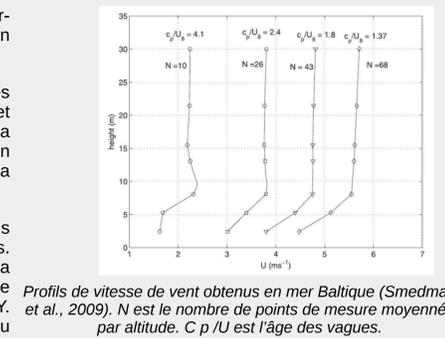
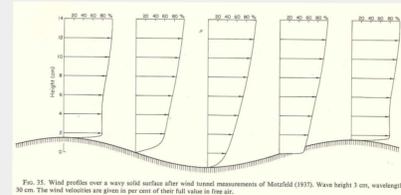
Objectifs scientifiques

La relation entre le flux turbulent de quantité de mouvement à l'interface air-mer et le cisaillement de vent, ou relation flux-profil est une fonction logarithmique de l'altitude, en conditions neutres (Monin-Obukhov, 1954).

Des mesures en milieu contrôlé au-dessus d'une tôle ondulée imitant les vagues montrent que ce n'est pas le cas, le long du profil des vagues, et dans la zone d'influence des vagues. Qu'en est-il en pleine mer ? La question est d'autant plus importante que les modèles de circulation atmosphérique ou océanique et les modèles de vagues font appel à la théorie de similitude pour représenter les échanges turbulents à l'interface.

Très peu d'observations des profils ont été réalisées avec succès au-dessus de la mer, et aucun profil mesuré ne descend en-dessous de deux mètres. D'après les résultats de Smedman et al., (2009), on constate parfois la présence d'un ventre de vent, possiblement associé à un flux de quantité de mouvement dirigé vers le haut. De récentes simulations effectuées par Y. Pérignon du LHEEA confirment la présence de ce jet, mais surtout au dessus des creux des vagues (Koenig G., 2017, rapport de stage).

A l'aide de PICCOLO, nous souhaitons obtenir de premières mesures du profil de vent en mer, documenter l'évolution du profil de vent le long du profil des vagues (creux-crêtes), et étudier la relation flux-profil en fonction de l'intensité du courant de surface, et de la hauteur et de l'âge des vagues.



Conclusions

Nous avons développé une bouée dérivante et suiveuse de vagues. La bouée est symétrique selon la verticale et possède un mât équipé de cinq anémomètres spécialement développés pour la mesure du profil de vent. Leur précision est de 1-3 % à échelle de deux minutes.

Au cours d'une brève sortie par temps calme, nous avons obtenu une ébauche de profil croissant de vent et une estimation de u^* du bon ordre de grandeur. Nous avons aussi constaté que le profil de vent se translait légèrement en fonction des creux et des crêtes des vagues. Enfin, nous avons constaté un déphasage entre l'arrivée des structures de vent sur les anémomètres, dans le sens où les structures arrivent en avance sur les anémomètres les plus hauts.

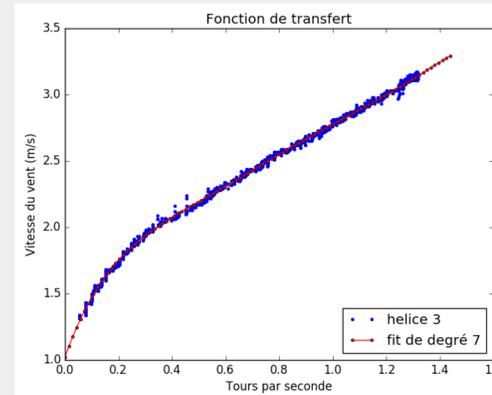
Ces premiers résultats encourageants seront bientôt confirmés par des mesures répétées (projet Cismic soumis à LEFE-IMAGO), conjointement avec la plateforme OCARINA (mesure u_x et de ζ). Les capteurs à l'intérieur du mât sont déjà prévus pour effectuer des mesures de la direction du vent, par un système rotavect. Il est peu probable d'arriver à mesurer une variation de direction de vent sur une hauteur aussi faible, mais nous testerons malgré tout ce système lors d'une prochaine sortie.

Étalonnage dans la grande soufflerie vent-vagues de Luminy

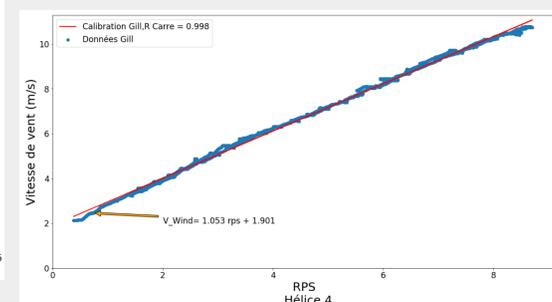


Illustration. Dispositif d'étalonnage des anémomètres à coupelles. Sur la photo, le centre de l'anémomètre de référence (Gill) est placé au niveau de l'hélice 4.

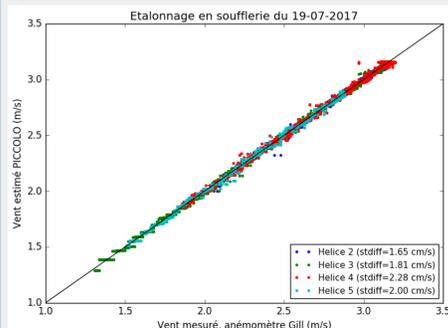
- Les mesures en soufflerie nous ont permis d'établir la relation entre les mesures de rotation pour chaque hélice (en nombre de tours par seconde), et la vitesse du vent mesurée par un anémomètre de référence, en m/s.
- Nous avons d'abord fait des mesures avec le mât en position verticale. La soufflerie effectuant une rampe de vitesses, de 0 à 10 m/s
- D'autres tests ont aussi été faits, pour évaluer l'influence de l'angle du mât par rapport à la verticale (non montrés).



Exemple. Mesures obtenues pour l'hélice centrale à basse vitesse, et interpolation polynomiale. On note le changement de comportement de la relation à ~2m/s. Au-dessous de ce seuil, le frottement du roulement à bille devient prépondérant par rapport à l'effet d'entraînement par le vent.

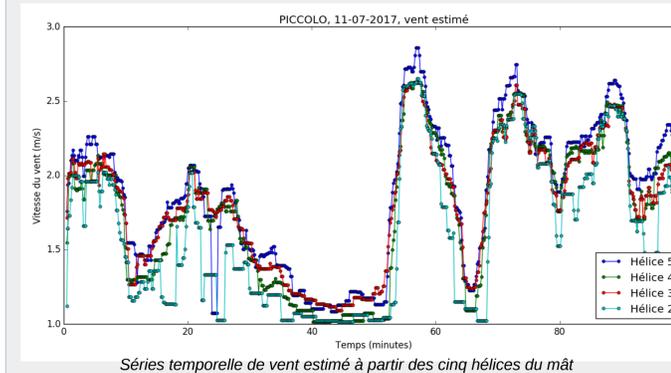


Linéarité de la réponse si $U > 2.5 \text{ m/s}$ pour l'hélice 4 (propre aux coupelles coniques).



Écart entre le module du vent mesuré par l'anémomètre de référence et le module du vent estimé (par application des fonctions de transfert polynomiales). Aux basses vitesses (1-3m/s), la précision est de $\pm 2 \text{ cm/s}$ en écart type, soit -1%. Aux plus fortes vitesses, ce ratio reste constant, \pm soit 10 cm/s pour 10 m/s (non montré ici).

Déploiement dans la rade de Marseille le 11 juillet 2017



Les conditions rencontrées pendant les deux heures de mesure sont un vent faible (~1 m/s) et une légère houle. La hauteur significative estimée est de 0.55 m pour les deux centrales inertielles embarquées, ce qui est cohérent avec les observations faites au Planier (0.4 m). Les cinq anémomètres sont numérotés de 1 à 5, en partant du bas. L'hélice 1 n'a pas tourné, ce qui est un problème lié au défaut d'un roulement à billes. Sur l'ensemble de la période, le vent à $z=1.80 \text{ m}$ vaut 1.9 m/s, ce qui est un peu plus fort que les observations effectuées par les stations proches (Figures 2-4), qui font elles-état de 2 kt de vent, soit ~1 m/s.

Le profil de vent moyen observé est croissant, donc compatible avec la théorie de Monin-Obukhov (1954) en conditions neutres. A partir des profils mesurés, nous trouvons $u^*=0.12 \text{ m/s}$ et $z_0=1 \text{ mm}$. La valeur de u^* trouvée est réaliste car l'algorithme COARE 3.0 donne un résultat proche, $u^*=0.12 \text{ m/s}$. A contrario, la valeur estimée de z_0 est fautive d'un facteur 10.

Nous avons sélectionné les données de vent pour les hauteurs $|z|$ supérieures à $\pm 0.3 \text{ m}$. Nous avons ainsi séparé les données de vent au-dessus des crêtes et des creux des vagues, puis nous avons tracé les profils moyens. Il existe un écart entre les profils, faible mais significatif. Le profil mesuré dans les creux des vagues est d'intensité plus petite qu'au-dessus des crêtes. L'écart moyen entre $U(z)$ crêtes et $U(z)$ creux est de ~2 cm/s.

Pour chaque couple d'hélices, on constate qu'une hélice d'altitude inférieure perçoit toujours les structures de vent après une hélice placée plus haut, ce qui avait déjà été observé dans Koenig [2017]. On constate aussi que le décalage est d'autant plus important que les hélices sont éloignées entre elles selon la verticale.

Références

- Cathelain, Marie. (2017). Development of a deterministic numerical model for the study of the coupling between an atmospheric flow and a sea state. Thèse de doctorat de l'école centrale de Nantes.
- Koenig, Guillaume (2017). Etude du profil de vitesse du vent à l'interface océan-atmosphère par le module PICCOLO. Rapport de stage du Master d'Océanographie de l'Université d'Aix Marseille, spécialité OPB.

