

Méthodologie de caractérisation d'une hydrolienne bio-inspirée par simulation numérique

Baptiste Oudon¹, Cédric Ngamo Kouandop¹, Valentin Helle¹, Olivier Bain¹, Arnaud Coutu^{1,*}

¹GéoLab, Institut Polytechnique UniLaSalle, Rue Pierre Waguet, BP 30313, 60026 Beauvais Cedex, France

*arnaud.coutu@unilasalle.fr

Contexte

- Hydroliennes : seulement 0,1% de l'énergie consommée en France. Pourtant, selon l'ADME, la France a un potentiel de production d'énergie par hydroliennes compris entre 3 GW et 5 GW soit l'équivalent de 1820 éoliennes selon l'Office of Energy Efficiency and Renewable Energy (2019).
- L'interaction du courant avec l'hydrolienne entraîne un phénomène de charriage sur le long terme
- Le Biomimétisme : Le biomimétisme consiste à s'inspirer de la nature pour améliorer les procédés créés par l'Homme. La baleine à bosse possède notamment des tubercules le long de sa nageoire augmentant la portance de celle-ci et entraînant une diminution de la traînée (Abate and Marvis, 2017)

Objectif

- Concevoir des pâles d'hydrolienne bio-inspirées plus efficaces tout en limitant l'impact sur la dynamique sédimentaire
- Simuler le fonctionnement des hydroliennes conçues par ordinateur
- Valider les résultats observés par expérimentation à échelle laboratoire

Méthode

Conception assistée par ordinateur

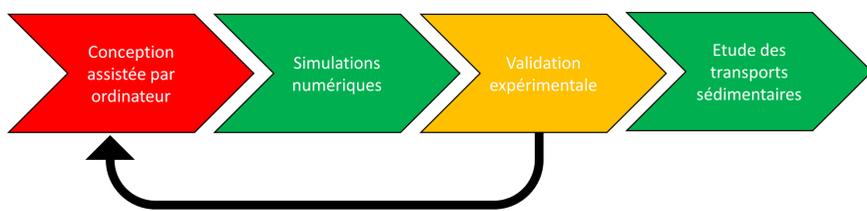
- Conception des pâles d'hydrolienne basée sur un modèle de l'entreprise Alstom



- Incorporation des tubercules le long de la pale



Méthodologie de résolution



Etude du transport sédimentaire

- Paramètre de Shield : évalue le seuil de transport de sédiments en milieu océanique (Li et al., 2020). Ce paramètre est comparé à l'intensité de la turbulence (Mazzuoli et al., 2020).

$$I = \frac{\sqrt{\frac{2}{3}} K}{U}$$

Avec I l'intensité de turbulences, U la vitesse moyenne, K l'énergie cinétique turbulente (Dassault Systèmes, 2021).

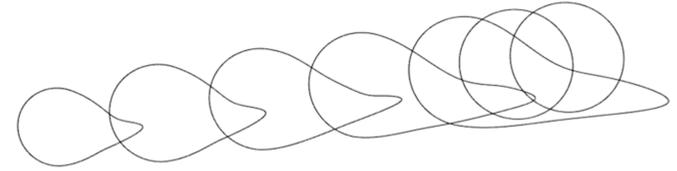
Références

Dassault Systèmes, 2021. Xflow User guide
 G. Abate and D.N. Marvis., 2017., CFD analysis of leading-edge tubercle effects on wind turbine performance.. 15th International Energy Conversion Engineering Conference.
 J. Viguier., 1992., Modèles en hydraulique maritime., Technique de l'ingénieur
 M. Mazzuoli., P. Blondeaux., G.Vittori., M.Uhlmann., J. Simeonov., J. Calantoni., 2020. Interface-resolved direct numerical simulations of sediment transport in a turbulent oscillatory boundary layer. J. Fluid Mech. 885, A28
 Y. Li., M.C. Ong., D.R. Fuhrman., 2020. CFD investigations of scour beneath a submarine pipeline with the effect of upward seepage. Coastal Engineering 156, 103624.

Matériel

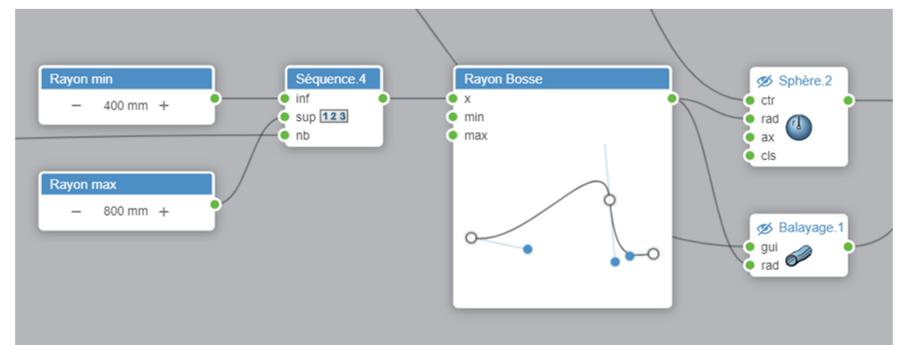
Conception des pâles d'hydrolienne

- Les pâles d'hydrolienne ont été conçues sur le logiciel CATIA V5 à partir d'airfoils



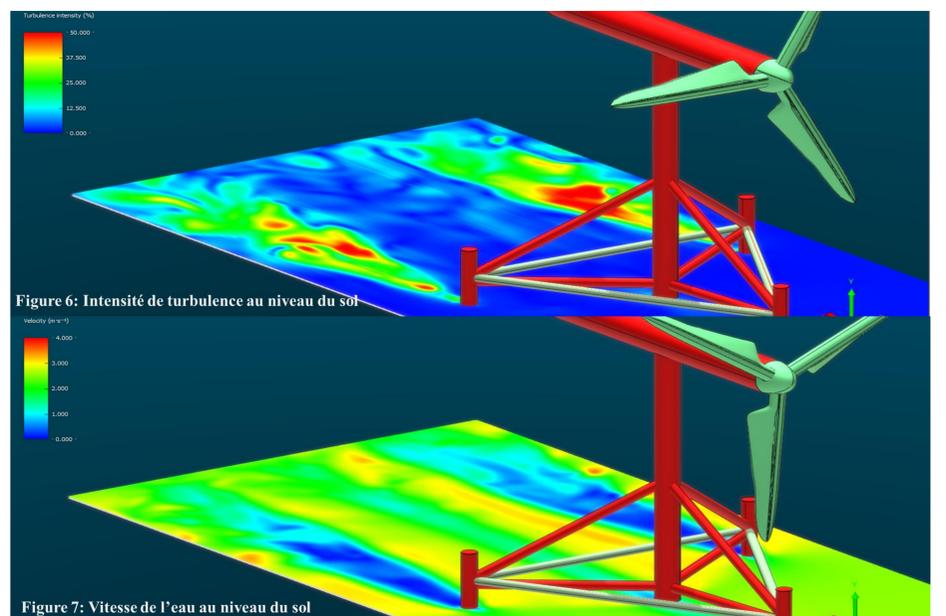
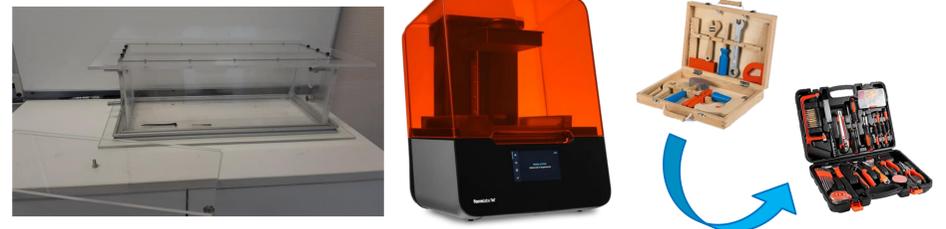
Conception des tubercules

- L'application Xgenerative Design de la suite CATIA V5 a permis de concevoir les tubercules à partir d'un script visuel. Ce logiciel permet de dimensionner rapidement le nombre de tubercules, leur disposition, leur longueur et leur rayon.



Validation expérimentale

- Une fois les résultats optimaux obtenus par simulation numérique, l'hydrolienne résultante est imprimée en 3D par stéréolithographie (SLA) à échelle réduite. Le banc d'essais a été conçu en plexiglas puis fixé à l'aide de colle UV et étanchéifié. Un support est prévu pour fixer les pièces imprimées en 3D et du colorant alimentaire permet de reproduire les turbulences observées par simulation numérique. La similitude de Froude permet alors d'extrapoler ces résultats à des échelles réalistes (Viguier, 1992).



Résultats

- Les premières simulations réalisées sur les hydroliennes sont très encourageantes. Toutefois elles entraînent un fort coût en calcul (7 jours par simulation en moyenne). Ces dernières montrent un impact réduit des pâles bio-inspirées sur la dynamique sédimentaire par rapport aux pâles classiques, au prix d'une efficacité réduite
- Le matériel expérimental a été conçu et testé.
- Des simulations sont en cours pour étudier plus précisément ce phénomène et envisager l'optimisation des enclaves d'hydrolienne par simulation multiphasique

