

Stage Ingénieur / Master 2

6 mois

Etude des performances hydrodynamiques d'une hydrolienne à axe vertical à partir de simulations numériques haute-fidélité

Contexte

Dans un contexte de réchauffement climatique et de croissance continue de la demande en énergie, le développement de nouvelles filières de production bas-carbone constitue un enjeu majeur pour la transition énergétique. Parmi ces filières, **l'énergie hydrolienne marine** se distingue comme une source d'énergie décarbonée, prédictible et abondante, en exploitant la puissance des courants de marée pour produire de l'électricité.

En France, la société HydroQuest est un acteur majeur de cette filière en développant des solutions innovantes d'hydroliennes marines reposant sur un concept de **turbines à axe vertical et flux transverse**. En 2019, un 1^{er} démonstrateur marin HQ1.0 d'une puissance unitaire de 1 MW a été déployé sur le site d'essais EDF de Paimpol-Bréhat dans le cadre du projet *OceanQuest*, et testé avec succès pendant deux années consécutives. Fort de cette expérience, HydroQuest prépare actuellement le déploiement d'une ferme de 6 hydroliennes HQ2.8 de dernière génération installée dans le Raz-Blanchard, site hydrolien parmi les plus puissants au monde. A travers le projet de ferme pilote *Flowatt*, le turbinier HydroQuest et l'énergéticien Qair visent à accélérer le déploiement commercial de l'énergie hydrolienne dès 2026 et faire émerger une nouvelle filière industrielle compétitive au regard des autres énergies renouvelables du mix énergétique français.

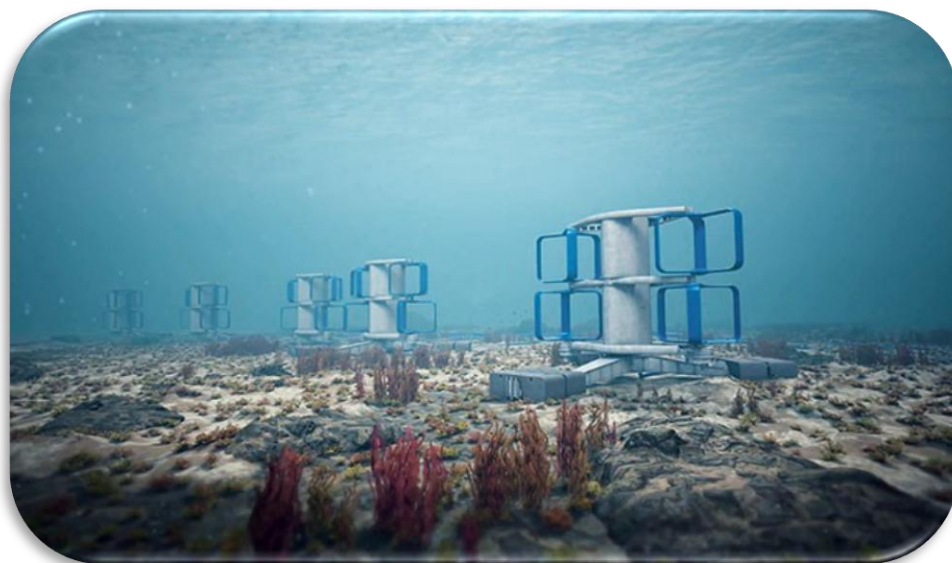


Illustration de la future ferme pilote d'hydroliennes HydroQuest (projet Flowatt)

Description du stage

Dans ce contexte, le stage proposé a pour objectif de mettre en place des **simulations numériques haute-fidélité** afin de caractériser finement une hydrolienne à axe vertical et flux transverse, notamment en termes **de performances hydrodynamiques**. Le comportement fortement instationnaire de l'écoulement au sein d'une turbine à axe vertical) rend la modélisation numérique complexe. Des données expérimentales effectuées en bassin d'essai sur des maquettes d'hydrolienne permettront d'évaluer la capacité prédictive des différents modèles numériques.

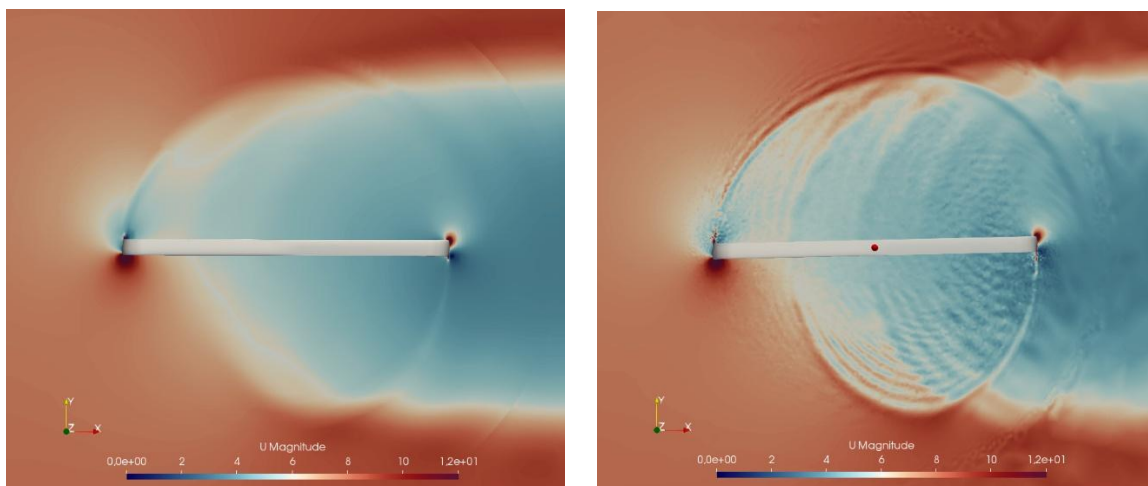
Ce stage pourra aussi s'appuyer sur des travaux numériques de R&D menés en parallèle dans le cadre d'une thèse CIFRE entre l'entreprise HydroQuest et le Laboratoire des Ecoulements Géophysiques Industriels (LEGI).

Travaux attendus au cours du stage

Des simulations numériques haute-fidélité seront mises en place sur une turbine mono-rotor à l'échelle 1/20. Le code de calcul *opensource* OpenFoam sera utilisé et les moyens de calcul HPC du LEGI seront mis à disposition. Au cours de ce stage, plusieurs approches numériques seront étudiées avec différents niveaux de modélisation de la turbulence.

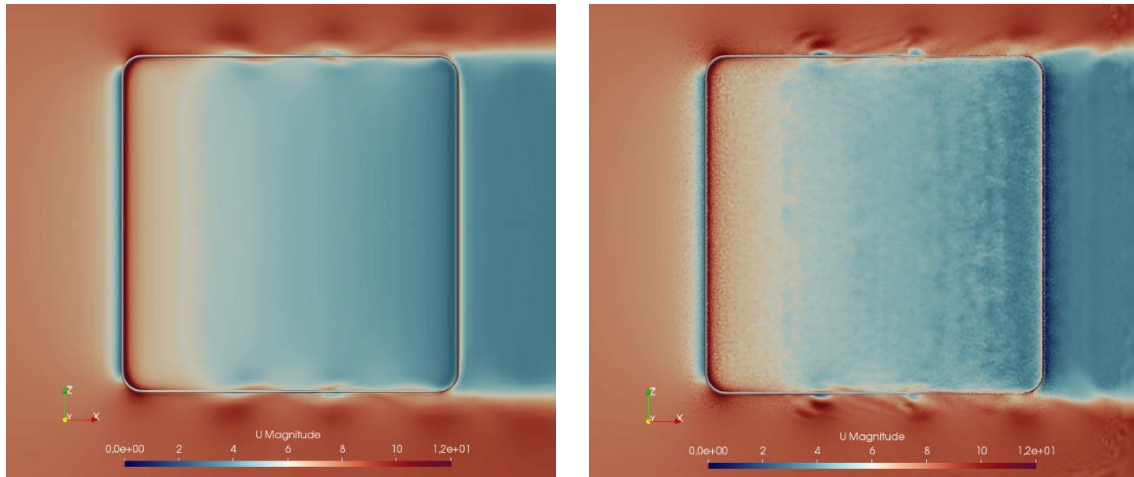
Des simulations instationnaires URANS2D (*Unsteady Reynolds Averaged Navier-Stokes*) associées à des modèles de turbulence de transition de type $k - \omega$ SSTLM ou $kkLOmega$ (modélisation de toutes les échelles tourbillonnaires avec prise en compte de la transition laminaire-turbulente) seront utilisées pour leur coût de calcul modéré, leur stabilité numérique ainsi que leur bonne précision à reproduire les principaux phénomènes mis en jeu (dynamique du mouvement périodique des pales).

En parallèle, des simulations haute-fidélité de type LES2.5D (*Large Eddy Simulations*) seront mises en place pour leur modélisation plus fine de la turbulence (résolution directe des grands tourbillons) conduisant à une meilleure prédiction des phénomènes instationnaires rencontrés (décrochage dynamique sur les pales, interaction avec le sillage de la pale en amont).



[1] M. Boudreau, G. Dumas, Comparison of the wake recovery of the axial-flow and cross-flow turbine concepts, J Wind Eng Ind Aerodyn, 2017.

[2] M. Boudreau, G. Dumas and J.-C. Veilleux, Assessing the ability of the DDES turbulence modeling approach to simulate the wake of a bluff body.



Champs de vitesse au voisinage d'un rotor bipale de turbine à axe vertical obtenu à partir de 2 approches numériques distinctes : simulations de type URANS 3D (gauche) et simulations de type LES 3D (droite)

Enfin une méthode hybride de type DES2.5D (*Detached Eddy Simulations* : approche RANS en proche parois et approche LES en dehors de la couche limite) sera étudiée pour son bon compromis entre temps de calcul et précision numérique [1,2]. Cette méthode permet en effet de capturer plus précisément les effets de la turbulence sur l'état des couches limites, tout en évitant de raffiner fortement le maillage sur les pales et donc de gagner en temps de calcul.

Une comparaison avec des données expérimentales de bassin d'essai permettront d'évaluer la capacité de chaque approche numérique à prédire le comportement hydrodynamique d'une hydrolienne à axe vertical. Les couples hydrodynamiques ainsi que les champs de vitesse dans les zones de sillage proche seront comparés avec les mesures en bassin.

Organisation du stage

Lieu : Laboratoire des Ecoulements Géophysiques et Industriels de Grenoble (LEGI), en collaboration avec la société HydroQuest.

Encadrement : Ing. Quentin Lustig, Dr. Ing. Cyrille Bonamy, Dr. Pierre-Luc Delafin (LEGI) ; Dr. Nathanaël Guillaud et Dr. Matthieu Guilbot (HydroQuest)

Durée du stage : 6 mois

Début du stage : février-mars 2026

Rémunération : 850€/mois

Compétences recherchées

Mécanique des fluides, Simulation numérique fluide (CFD), programmation informatique

Informatique et logiciels

OpenFoam, Langage Python

Contact

Pour candidater à cette offre de stage, merci d'envoyer votre CV ainsi qu'une lettre de motivation à l'adresse suivante :

- recrutement@hydroquest.net

[1] M. Boudreau, G. Dumas, Comparison of the wake recovery of the axial-flow and cross-flow turbine concepts, J Wind Eng Ind Aerodyn, 2017.

[2] M. Boudreau, G. Dumas and J.-C. Veilleux, Assessing the ability of the DDES turbulence modeling approach to simulate the wake of a bluff body.