

MINDS

Thèse CIFRE

« Jumeau Numérique et Interaction Fluide-Structure pour parcs photovoltaïques »

Optimum Tracker est une entreprise innovante française qui conçoit, produit et installe des solutions de Tracker solaire sur les centrales photovoltaïques de grande envergure. Un Tracker est une structure pivotante couplée à un algorithme astronomique. Sur le principe du tournesol, la structure permet aux panneaux photovoltaïques de suivre la course du soleil, augmentant la productivité de la centrale jusqu'à 30%. La solution Optimum Tracker O-Track Hz est une solution innovante de Tracker sur 1 axe, avec 12 brevets déposés. Cette solution, couplée à des capteurs pyranométriques à des caméras hémisphériques permet d'optimiser la production par l'orientation à chaque instant des panneaux photovoltaïques en fonction de l'état du ciel.

Cependant, l'orientation optimale face à des conditions météorologiques extrêmes avec des rafales de vent allant jusqu'à 150 km/h, n'est pas encore connue. Cela peut causer des casses dommages irréversibles sur les centrales. En effet, une interaction fluide-structure (vent-panneaux) rentre en jeu et nécessite une étude poussée en simulation numérique et expérimentale pour déduire à la fois les efforts aérodynamiques et les forces exercées sur ces structures pivotantes ainsi que le chargement, les contraintes et les déformations de ces dernières. Cette interaction fluide-structure couplée est influencée par de nombreux facteurs : la complexité des écoulements, les géométries, les angles d'orientation et la répartition des Tracker dans un parc, mais aussi la structure sous-jacente de maintien des panneaux, sa rigidité vis-à-vis des chargements statiques et dynamiques, le choix des matériaux, les fixations et les renforts proposés.

De plus, la tendance globale est à la construction de très grande centrale. Actuellement, les centrales d'Optimum Tracker les plus grande ont jusqu'à 2000 Trackers, mais certains concurrents ont déjà des centrales de 30 000 trackers. La simulation numérique d'un tel parc nécessite à la fois des méthodes innovantes dites d'immersion pour la modélisation haute-fidélité de l'interaction fluide-structure ainsi que des moyens de calculs importants (Supercalculateur) nécessitant un code dédié au calcul intensif HPC et aux simulations massivement parallèles. D'autre part, la multitude des conditions liées au vent ainsi que les différentes configurations géométriques rencontrées, nécessitent d'étendre le Framework numérique proposé à une solution innovante sous la forme d'un « jumeau numérique ».

Ce jumeau numérique sera la réplique virtuelle du parc photovoltaïque. Il est capable de reproduire ses fonctionnalités et de simuler ses performances dans le monde réel. Il est relié à l'objet physique lui-même via des capteurs physiques et des images qui transmettent en temps réel des données sur son état. Ainsi, deux scénarios seront envisagés :

-Météo extrême : les données collectées seront utilisées comme données d'entrées à un système de contrôle intelligent bâti par un apprentissage profond renforcé qui permettra d'optimiser automatiquement l'orientation des panneaux photovoltaïques évitant ainsi leur déformation ou leur casse.

-Temps normal : tout écart entre la simulation et les données de fonctionnement permet de détecter les anomalies et peut être analysé afin d'optimiser l'exploitation et la maintenance des Tracker.

Le projet proposé se déroulera alors suivant 3 étapes hiérarchiques de complexité.

- i. Une première étape est la mise en place de simulations numériques aérodynamiques CFD d'un Tracker ou d'un parc tout en profitant des méthodes d'immersion et de maillage anisotrope. Les simulations seront réalisées sur Supercalculateur. Le candidat apprendra le calcul massivement parallèle et à se servir de Supercalculateur et d'une machine hybride CPU-GPU.
- ii. La seconde étape est la mise en place d'une méthode innovante pour le couplage direct en interaction fluide-structure prenant en compte le mouvement des trackers et dans les cas extrêmes leur déformation (CSD : Computational Structural Dynamics)
- iii. La troisième étape concerne l'extension du Framework numérique par l'Intelligence Artificielle. Un jumeau numérique assisté par de l'apprentissage profond renforcé et le transfert d'apprentissage est envisagé. Ce couplage sera testé sur des Trackers in-situ ainsi que sur des maquettes à échelle réduite. Les deux parties expérimentales serviront aussi à la validation du Framework numérique proposé.

A l'issue de ces trois étapes on aboutit à un simulateur numérique CFD avec couplage fluide-structure et à son jumeau numérique. Il remplacera les approches empiriques par la simulation directe via le développement de ce Framework immersif numérique. Il devrait prendre en compte, avec le minimum d'hypothèses simplificatrices, tous les paramètres identifiés pertinents, pour pouvoir d'un côté valider l'approche numérique en comparant avec l'expérience, et de l'autre côté identifier les pistes d'optimisation et d'amélioration des performances.



Les 3 axes de la thèse : mécanique des fluides numérique, Interaction Fluide-Structure, Jumeau Numérique

Recrutement :	CIFRE - Doctorant pour 36 mois à partir de 1er Octobre 2020 (~27k€)
Spécialité doctorale:	MathNum : Mathématiques Numériques, Calcul Intensif, et Données
Lieu de travail :	La thèse se déroulera au CEMEF (MINES ParisTech, Sophia Antipolis, 06).
Equipe de recherche:	Calcul Intensif et Mécanique des Fluides
Encadrement académique :	Dr. Aurélien Larcher, Prof. Pierre-Olivier Bouchard, Prof. Elie Hachem
Encadrement partenaire :	Dr. Thibaut Barbier
Date limite pour postuler:	30 Juin 2020
Mots clés:	Développement durable, Transformation numérique, Science des données, HPC-AI, Mécanique des fluides numériques CFD, interaction Fluide-Structure IFS, Jumeau Numérique, Deep reinforcement Learning, Modélisation, Simulation numérique, Matériaux

PROFIL ET COMPÉTENCES RECHERCHÉS

- Formation d'ingénieur ou master /mathématiques appliquées/mécanique numérique/science des matériaux
- Goût pour la recherche, d'analyse de pointe, la simulation numérique et la science des données
- Programmation informatique, les techniques d'apprentissage, traitement et analyse d'images numériques 3D
- Rigueur et capacité à s'investir pleinement dans un sujet - Aptitude au travail en équipe
- La maîtrise de la langue anglaise est un plus

CONSIGNES POUR CANDIDATER

Les documents requis pour postuler :

- CV détaillé
- Lettre de motivation
- Deux lettres de recommandation
- Relevés de notes des trois dernières années et classement dans la promotion