



ENGINEERING
DRIVEN
PEOPLE

CT conclut le projet IADGENOL sur l'automatisation des trajectoires des systèmes AWE à l'aide du deep learning

- **Après deux années de recherche, CT a développé avec succès un modèle de contrôle basé sur l'apprentissage profond qui répond aux défis dynamiques des opérations autonomes des systèmes AWE.**
- **Les résultats des derniers tests de validation dans un environnement de simulation pour le système de contrôle AWES ont été présentés au congrès européen AWES, AWEC2024, à Madrid, et ils démontrent un alignement précis avec le vent et des trajectoires optimales de production d'énergie.**

Le projet IADGENOL s'inscrit dans les domaines des technologies AWES (Airborne Wind Energy Systems : systèmes d'énergie éolienne aéroportée) et des technologies d'apprentissage profond et d'intelligence artificielle. Ce projet vise à étudier et à appliquer, du point de vue du contrôle automatique, des technologies d'apprentissage automatique pour le contrôle des systèmes AWES en utilisant des données provenant à la fois d'un environnement de simulation et d'une machine AWES en fonctionnement.

AWES représente une approche innovante pour exploiter le vent dans la haute atmosphère, mais elle est confrontée à des défis importants, notamment en ce qui concerne l'autonomie opérationnelle. Actuellement, parvenir à un contrôle autonome robuste constitue l'un des principaux obstacles. Les systèmes doivent fonctionner de manière totalement autonome et résister à des conditions météorologiques variables sur de longues périodes. Afin d'améliorer l'adaptabilité des systèmes de contrôle traditionnels, l'utilisation de l'apprentissage automatique et de l'apprentissage par renforcement a été étudiée.

L'objectif principal de l'initiative IADGENOL était de développer un modèle de contrôle basé sur l'apprentissage profond pour le contrôle automatique de la trajectoire des systèmes AWE, et d'utiliser ce type de modèles pour comprendre et caractériser les défis dynamiques auxquels sont confrontés ces systèmes. Ce projet a été entièrement réalisé par CT en utilisant ses propres ressources et la machine de test AWES partagée, disponible dans le cadre d'un accord de collaboration avec l'Université Carlos III de Madrid pour le développement des technologies AWES. L'ensemble du travail réalisé comprend la recherche préliminaire sur l'état de l'art, l'analyse et le traitement des données pour une utilisation ultérieure dans le développement de modèles, et il s'étend même jusqu'au développement des modèles fondés sur les données et du contrôleur.



ENGINEERING
DRIVEN
PEOPLE

Des tests de validation du système de contrôle en conditions réelles ont été effectués. Préalablement à la réalisation de ces tests, le contrôleur a été entraîné dans un environnement de simulation AWES développé par CT. Les résultats de ce test, qui simule un « apprentissage naturel », se sont avérés très intéressants puisqu'ils ont permis de prouver que le cerf-volant est capable de s'aligner avec le vent et d'effectuer des huit, qui sont les trajectoires normalement utilisées dans ce type de système pour maximiser la production d'énergie.

En revanche, la transition d'un environnement simulé à une mise en œuvre dans des conditions réelles n'a pas été une franche réussite. Compte tenu des résultats encourageants obtenus lors des simulations, il semble néanmoins que le problème pourrait être résolu en affinant les méthodes de simulation actuelles, et en créant des environnements contrôlés en laboratoire permettant d'entraîner ces algorithmes avec un niveau de risque minimal.

Principaux résultats:

Au cours de ce projet, trois axes de recherche parallèles ont été développés : un contrôleur basé sur l'apprentissage profond (Deep learning), un système de caractérisation des lois physiques pour un système AWES et un système de prévision du vent.

Pour le contrôleur basé sur le deep learning

Un contrôleur a été développé en utilisant des algorithmes d'apprentissage par renforcement profond (DRL), parmi lesquels celui basé sur TD3 a finalement été choisi (Twin-Delayed Deep Deterministic Policy Gradient : gradient de politique déterministe profond à double retard). Le contrôleur a démontré des performances stables lors du pilotage du cerf-volant effectuant des trajectoires en huit dans un environnement simulé sans rafales de vent, bien que son efficacité ait été limitée en présence de vents variables en raison des restrictions du simulateur. Par la suite, le contrôleur a été intégré au système de contrôle de la machine AWES et testé dans des conditions réelles. Bien qu'un contrôle efficace du cerf-volant n'ait pas été obtenu du fait d'un entraînement insuffisant dans un environnement réel et des difficultés associées, l'intégration correcte du contrôleur avec la machine a pu être validée.

Système de caractérisation des lois physiques

Des modèles dynamiques basés sur des réseaux neuronaux ont été développés pour prédire la dynamique de vol du système. Ces modèles se sont avérés efficaces pour prédire la dynamique sur des délais de 0,1 seconde. Cependant, la propagation des erreurs dans les prédictions a affecté les performances du système par rapport à une trajectoire de référence.



ENGINEERING
DRIVEN
PEOPLE

Systeme de prévision du vent

Un système a été développé pour prédire le vent à différentes altitudes en utilisant des données météorologiques au niveau du sol. Cependant, l'évaluation de la précision des prédictions a été limitée par le manque d'équipements de mesure adaptés. Le système a néanmoins été intégré avec succès dans le contrôleur, ce qui a rendu possible la prise de décision en temps réel.



Plan de
Recuperación,
Transformación
y Resiliencia



Funded by
the European Union
NextGenerationEU

red.es



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
PARA LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL
Y DE LA FUNCIÓN PÚBLICA

SECRETARÍA DE ESTADO
DE DIGITALIZACIÓN
E INTELIGENCIA ARTIFICIAL



ENGINEERING
DRIVEN
PEOPLE

À propos d'IADGENOL

Ce projet s'inscrit dans le cadre de l'appel à subventions de 2021 concernant les projets de recherche et développement en intelligence artificielle et autres technologies numériques, ainsi que leur intégration dans la chaîne de valeur. Il bénéficie d'un financement de 510 000 € provenant des fonds Next Generation de l'Union européenne, du Plan de relance, de transformation et de résilience, et du Secrétariat d'État à la numérisation et à l'intelligence artificielle. Référence du projet : 2021/C005/00148256.

À propos de CT

CT est un leader dans le domaine de l'ingénierie tout au long du cycle de vie des produits. Depuis plus de 35 ans, notre mission est de fournir des services innovants et des solutions technologiques qui aident nos clients à devenir plus efficaces et compétitifs. Aujourd'hui, le succès de CT repose sur plus de 2 000 ingénieurs répartis dans sept pays, qui fournissent une assistance experte de bout en bout à des clients de premier plan dans les secteurs de l'aérospatiale, de l'espace, de la marine, de l'automobile, du rail, de l'énergie et des installations industrielles : www.ctengineeringgroup.com

Pour plus d'informations :

Ignacio Abbad
Head of Marketing and Communications
The CT Engineering Group
Tel. +34 646 368 996
ignacio.abbad@ctengineeringgroup.com
www.ctengineeringgroup.com

Gabriela Martín Rodríguez
Communication interne et d'entreprise
The CT Engineering Group
Tél. + 34 618 073 329
gabriela.martin@ctengineeringgroup.com
www.ctengineeringgroup.com