

## DIPLÔME NATIONAL DE DOCTORAT

(Arrêté du 25 mai 2016)

Date de la soutenance : **12 mars 2024**

Nom de famille et prénom de l'auteur : **Madame MARAGNO Angela**

Titre de la thèse : « *Cellules photo-électrochimiques pour la production d'H<sub>2</sub> vert : une contribution aux études de mise à l'échelle* »



### Résumé

Ce projet de thèse porte sur l'étude de deux concepts de générateurs de carburant solaire : une cellule PEC basée sur une photoanode de vanadate de bismuth (BiVO<sub>4</sub>) et une cellule intégrée (IPEC) combinant une cellule solaire à une cellule d'électrolyse. Les deux dispositifs réalisent le processus de photosynthèse artificielle consistant à capturer l'énergie solaire et à la stocker dans les liaisons chimiques. L'objectif de ces travaux est d'identifier les verrous au déploiement à grande échelle de ces dispositifs photo-électrochimiques et de proposer des solutions pour les lever. Deux questions scientifiques sont en particulier au cœur de mes travaux de recherche :

1. [Quel est l'impact des hétérogénéités, inhérentes aux procédés d'élaboration à grande échelle des matériaux photo-actifs, sur leurs performances ?](#)
2. Quel rôle peut jouer l'intégration dans la transposition, à l'échelle pilote, des performances obtenues en laboratoire ?

Pour répondre à la première question une étude paramétrique expérimentale a été proposée et menée. Elle porte sur des photo-anodes à base de BiVO<sub>4</sub>, un matériau modèle pour la photosynthèse artificielle.

En parallèle, afin de répondre à la seconde question, nous avons réalisé, testé et optimisé une cellule IPEC consistant en la combinaison d'une cellule solaire tandem PK/Si et d'un électrolyseur à membrane échangeuse de protons (PEM).

Le changement d'échelle a ensuite été considéré, avec la conception d'un module monolithique original, intégrant 9 cellules IPEC. La réalisation de 5 de ces modules a permis l'assemblage du démonstrateur **EASI Fuel** (*European Autonomous Solar Integrated fuel station*) pour la conversion continue d'hydrogène (produit sous ensoleillement par les IPEC) et de CO<sub>2</sub> en CH<sub>4</sub> par des Archées, au sein d'un bioréacteur de méthanation. Grâce à ce couplage innovant, le prototype EASI Fuel a été sélectionné et testé avec succès pendant 72h en continu et en totale autonomie, lors de la finale du concours *Horizon Prize - Fuel from the Sun: Artificial Photosynthesis*, qui s'est déroulée à la fin de la 2<sup>ème</sup> année de thèse.

**Mots-clés** : énergie, environnement, procédés solaires, photosynthèse artificielle, cellules photo-électrochimiques, changement d'échelle, intégration, photoanodes, simulations optiques, production d'hydrogène.