

## DIPLÔME NATIONAL DE DOCTORAT

(Arrêté du 25 mai 2016)

Date de la soutenance : **24 novembre 2023**

Nom de famille et prénom de l'auteur : **Madame ROOSTAEI Ziba**

Titre de la thèse : « *Systèmes photocatalytiques Cu/Ti<sub>3</sub>C<sub>2</sub> MXène/TiO<sub>2</sub> pour la dégradation de polluants et la production d'hydrogène* »



### Résumé

Les Procédés d'Oxydation Avancée et en particulier la photocatalyse sont considérées comme des technologies efficaces pour la purification des eaux usées ou la production d'hydrogène vert. Le dioxyde de titane (TiO<sub>2</sub>) reste le photocatalyseur le plus utilisé même s'il présente un taux élevé de recombinaison des paires électron-trou et une réponse limitée au domaine ultraviolet. Différentes options ont été envisagées pour améliorer la performance photocatalytique du TiO<sub>2</sub> incluant le changement de sa morphologie, le dopage par des cations or son association avec des allotropes de carbone. Au cours de cette étude, TiO<sub>2</sub> P25 ou des nanotubes de TiO<sub>2</sub> (NTs) ont été combinés avec un matériau Ti<sub>3</sub>C<sub>2</sub>T<sub>x</sub> MXène et des nanoparticules de Cu pour construire un système photocatalytique Cu/Ti<sub>3</sub>C<sub>2</sub>T<sub>x</sub>/TiO<sub>2</sub> dans lequel la conductivité élevée du Ti<sub>3</sub>C<sub>2</sub>T<sub>x</sub> MXène peut être employée pour transporter efficacement les photoélectrons du TiO<sub>2</sub> vers le Cu. Après évaluation des conditions expérimentales conduisant à des NTs particulièrement efficaces, une analyse détaillée a été menée pour déterminer l'effet de différentes conditions d'élimination de l'aluminium nécessaire pour convertir le précurseur MAX Ti<sub>3</sub>AlC<sub>2</sub> en Ti<sub>3</sub>C<sub>2</sub>T<sub>x</sub> de façon optimisée. Par la suite, une comparaison entre P25 et NTs pour construire les systèmes Cu/Ti<sub>3</sub>C<sub>2</sub>T<sub>x</sub>/TiO<sub>2</sub> a été effectuée en analysant les propriétés structurales, optiques et texturales de combinaisons Cu/TiO<sub>2</sub>, Ti<sub>3</sub>C<sub>2</sub>T<sub>x</sub>/TiO<sub>2</sub> et Cu/Ti<sub>3</sub>C<sub>2</sub>T<sub>x</sub>/TiO<sub>2</sub>. Les résultats sont alors corrélés à la photooxydation de l'acide formique. Cette étude permet d'observer des comportements différents lorsque l'on combine le Cu et Ti<sub>3</sub>C<sub>2</sub>T<sub>x</sub> avec le P25 ou les NTs. Avec P25, le Cu entraîne la formation de lacunes d'oxygène de surface sur la phase anatase du P25 ce qui induit une amélioration de la performance photocatalytique alors qu'avec les NTs, le Cu consomme les lacunes d'oxygène de surface initialement présentes. L'ajout du Ti<sub>3</sub>C<sub>2</sub>T<sub>x</sub> améliore la performance photocatalytique grâce à sa haute conductivité. Cette activité est encore plus améliorée lorsque le cuivre est ajouté conduisant aussi à un photocatalyseur plus stable. Cela valide le concept utilisant ce MXène pour faciliter le transport d'électrons. En production de H<sub>2</sub>, la forte interaction Cu-Ti obtenue avec les NTs entraîne une meilleure activité contrairement à ce qui était observé en photooxydation tandis que l'ajout du Ti<sub>3</sub>C<sub>2</sub>T<sub>x</sub> démontre son potentiel en tant que matériau d'intérêt pour le stockage de H<sub>2</sub>.

Mots clés : Photocatalyse, TiO<sub>2</sub>, MXène, Ti<sub>3</sub>C<sub>2</sub>T<sub>x</sub>, Cuivre, Hydrogène

