

Stages Licence 2026

Fonctionnalisation de nanoparticules magnétiques pour la réparation magnétothermique de composites polymères (*Laboratoire : IMP, Campus de la Doua*)

Les matériaux vitrimères sont des polymères thermodurcissables présentant des propriétés d'auto-réparation lorsqu'ils sont activés par certains stimuli, grâce à l'incorporation de liaisons dynamiques. Parmi ces différents stimuli, l'activation thermique reste la plus couramment utilisée, car elle permet la réparation du matériau via une élévation de température.

Le chauffage magnétothermique est une technique reposant sur l'induction magnétique. Des particules magnétiques sont soumises à un champ magnétique alternatif à haute fréquence, ce qui génère de la chaleur au sein des particules et du matériau dans lequel elles sont dispersées. Ce chauffage localisé et contrôlé permet une régulation précise de la température, une efficacité supérieure à celle du chauffage convectif classique, des vitesses de chauffe plus élevées et un fonctionnement sans contact.

L'objectif de ce projet est d'obtenir un chauffage magnétothermique aussi efficace que possible tout en minimisant la quantité de nanoparticules introduites dans le matériau. Pour cela, il est essentiel de maîtriser leur dispersion afin d'éviter les phénomènes d'agrégation et d'obtenir un composite hautement homogène.

Le stage a pour objectif de fonctionnaliser des nanoparticules magnétiques à l'aide d'approches chimiques simples, de les disperser au sein de matériaux vitrimères à base d'époxy, puis d'étudier leur état de dispersion à l'aide de différentes techniques de caractérisation, en particulier la microscopie électronique. Le projet sera mené en étroite collaboration avec une thèse en cours au laboratoire.

Modélisation compartimentale basée sur Monte Carlo pour la polymérisation en réacteurs agités (*Laboratoire : CP2M, Campus de la Doua*)

Ce projet porte sur un réacteur chimique utilisé pour l'étude de la polymérisation en émulsion, en particulier les phénomènes d'agrégation de particules. Une simulation CFD monophasique du réacteur a été développée et validée à l'aide de mesures de type Stereo PIV. Cette simulation permet d'accéder à des paramètres turbulents clés, tels que l'énergie cinétique turbulente à l'échelle de Taylor et la dissipation d'énergie à l'échelle de Kolmogorov.

Les résultats CFD tridimensionnels servent de données d'entrée pour une approche de modélisation compartimentale dynamique (CMA), implémentée en C++ et en Python. Ce cadre consiste à discrétiser le réacteur en compartiments, permettant de localiser les paramètres turbulents dans l'ensemble du volume. Les échanges inter-compartiments, le mélange des scalaires et le mélange des particules sont évalués à l'aide de méthodes de Monte Carlo. Le modèle a été validé pour le mélange scalaire et particulaire, avec un très bon accord avec les données de référence.

Sur cette base, une approche Monte Carlo a également été développée pour modéliser l'agrégation des particules au sein de chaque compartiment avant les échanges entre compartiments. Ce sous-modèle donne de bons résultats pour des cas d'agrégation binaire et a été validé par comparaison avec des solutions analytiques exactes pour trois noyaux d'agrégation standards.

L'objectif du stage est de finaliser et d'étendre ce modèle d'agrégation basé sur Monte Carlo afin de traiter des conditions réalistes dans le réacteur. Le cadre développé permettra de simuler la polymérisation en réacteur agité et de suivre des phénomènes localisés, tels que la distribution de taille des particules, à différentes positions dans le réacteur au cours du procédé de polymérisation.

Le/la stagiaire devra disposer de compétences en méthodes stochastiques et en modélisation numérique.