



THÈSE en Matériaux Polymères-Génie des Procédés à partir d'Octobre 2024
LRGP-CNRS-UNIVERSITÉ de Lorraine – France
DATE LIMITE DE CANDIDATURE : 1^{er} Juillet 2024

Interface et Impression 3D vers l'impression 4D : Impression 3D réactive à l'interface de multimatériaux thermoplastiques

Les méthodes de fabrication additive possèdent un grand potentiel de développement pour les prochaines décennies à condition qu'un certain nombre de verrous scientifiques soient levés. Actuellement parmi les techniques de fabrication additive, l'impression par dépôt de fil fondu (Fused Deposition Modeling-FDM) est la technique la plus abordable ainsi que la plus facile à mettre en œuvre en milieu non environné. L'un des enjeux majeurs des méthodes de fabrication additive se situe dans la réalisation d'objets multimatériaux qu'il s'agisse de combinaison polymère/métal (ex : incorporation de capteurs électroniques dans un objet polymère) et/ou polymère thermoplastique (dur)/polymère thermoplastique élastomère (souple). Dans les objets réalisés jusqu'à présent, un problème de cohésion découle de la mauvaise adhérence des matériaux de nature différente à l'interface entre les couches, ce qui limite les propriétés mécaniques des objets obtenus. Pour résoudre ce problème, ce projet visera à développer un nouveau procédé innovant combinant impression 3D de type FDM et réaction chimique.

Diverses solutions seront progressivement envisagées soit la co-extrusion de mélanges thermoplastiques incorporant des polymères fonctionnalisés, soit le co-dépôt d'un filament polymère fondu et d'un mélange de type « colle » réactive. Outre l'optimisation de ce procédé, un des enjeux sera de synthétiser ces polymères fonctionnalisés et formuler cette « colle » pour qu'elle réponde au cahier des charges (en matière de réactivité, propriétés thermiques et rhéologiques permettant son dépôt, adaptation et évolution en fonction de l'environnement, recyclabilité finale de l'objet, ...). Différents systèmes réactifs sont envisagés mais l'objectif sera de viser un caractère réversible de la réaction sous l'effet d'un stimulus (température ou modification du potentiel réducteur du milieu) selon le type de réaction, permettra de conférer *in fine* aux pièces finales un effet 4D (i. e. des fonctionnalités évolutives au cours du temps sous l'influence d'un stimulus : propriétés autoréparantes ou déformation potentielle). Ainsi, cela ouvrira la voie vers des objets multipolymères/matériaux imprimés potentiellement évolutifs ouvrant la voie vers de nombreux domaines d'applications (capteur embarqué, objet aux propriétés mécaniques adaptables voir évolutives, (endo)prothèse mobile ou évolutive...).

Contact : Prof. C. Nouvel /S. Hoppe

Laboratoire Réactions et Génie des Procédés (LRGP), UMR 7274

E-mail : cecile.nouvel@univ-lorraine.fr

Le ou la candidat(e) devra posséder un diplôme d'ingénieur ou de Master 2 recherche, en science des matériaux, en génie des procédés, en plasturgie, ou encore en chimie des polymères. Des compétences dans les techniques courantes de synthèse et de caractérisation des polymères sont souhaitables. Par exemple : caractérisation RMN et SEC, analyse thermique par DSC; caractérisation morphologique (MEB) ; essais mécaniques. Une expérience dans le domaine de l'impression 3D de matériaux polymères et de la mise en forme des thermoplastiques serait un plus.

Toute candidature initiale se fera par mail et dans tous les cas (diplôme de master ou d'ingénieur français ou étranger, ...) le dossier doit comporter :

- le CV du candidat et lettre de motivation
- les notes obtenues au diplôme conférant le grade de master, mention 'Assez Bien' requise au minimum et copie du diplôme s'il est disponible
- 2 lettres de recommandations émanant du Responsable de la filière de formation et du tuteur de stage de fin d'études
- des éléments tangibles sur l'initiation à la recherche (mémoire de recherche, publication,...).



PhD in Polymer Material-Chemical Engineering –from the October 2024
LRGP-CNRS-UNIVERSITÉ de Lorraine – France
APPLICATION DEAD LINE : 1st July 2024

Interface and 3D printing towards 4D printing: reactive 3D printing at the interface of multimaterial thermoplastics

Additive manufacturing methods have a great development potential in the coming decades provided that a certain number of scientific bottlenecks are overcome. Currently, among additive manufacturing techniques, Fused Deposition Modeling (FDM) is the most affordable and easiest to implement in a non-customized environment. One of the major challenges of additive manufacturing methods lies in the production of multi-material objects [2, 5], whether polymer/metal combinations (e.g. incorporating electronic sensors into a polymer object) and/or thermoplastic polymer(hard)/elastomeric thermoplastic polymer (flexible). In the objects produced to date, a cohesion problem arises from the poor adhesion of materials of different natures at the interface between layers, which limits the mechanical properties of the final objects [5]. To solve this problem, this project aims to develop a new, innovative process combining FDM-type 3D printing and chemical reaction.

Various solutions will be progressively considered: either co-extrusion of thermoplastic blends incorporating functionalized polymers, or co-deposition of a molten polymer filament and a reactive "glue"-type mixture. Besides the optimization of this process, one of the challenges will be to synthesize these functionalized polymers and formulate this "glue" so that it meets the required specifications (in terms of reactivity, thermal and rheological properties enabling it to be deposited, sensitivity to the environment, final recyclability of the object, etc.). Various reactive systems are envisaged, but the aim will be to ensure that the reaction is reversible under the effect of a stimulus (temperature or change in the reducing potential of the medium), depending on the type of reaction, so as to give the final parts a 4D effect (i.e. evolutionary functionalities over time in response to the stimulus, self-healing properties or potential deformation). This will pave the way for potentially evolving multi-polymer/printed material objects, opening the way to a wide range of applications (embedded sensor, object with adaptable or evolving mechanical properties, mobile or evolving (endo)prosthesis, etc.).

Contact : Prof. C. Nouvel /S. Hoppe

The Reactions and Chemical Engineering Laboratory (LRGP), UMR 7274

E-mail : cecile.nouvel@univ-lorraine.fr

The candidate should have an engineering degree or a Master 2 research degree, in materials science, chemical engineering, polymer processing or polymer Chemistry. Skills in current synthesis and characterization of polymers are desirable. For example: NMR et SEC characterization, analysis by DSC; morphological characterization (SEM); mechanical testing. Experience in 3D Printing of polymer materials and thermoplastic processing would be appreciated.

Any initial application should be made by email and in all cases (French or foreign Master degree, engineering degree, etc.) the applicant must provide:

- CV and letter of motivation
- the grades obtained for the Master (or equivalent) degree and a copy of the diploma if it is available
- 2 letters of recommendation, preferably from the director of the Master program and the supervisor of the candidate's research project
- written material (publications, Master thesis or report, etc.) related to the candidate's research project.