

**PROPOSITION DE THESE EN FABRICATION HYBRIDE A L'INSTITUT FEMTO-ST**

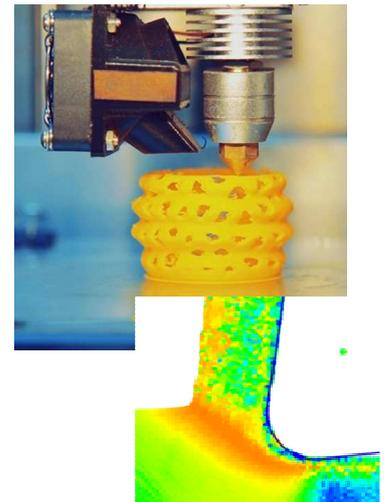
Démarrage : Septembre ou Octobre 2022 (3 ans)

**Accronyme : Hybrid PolyCut (HPC)**

**Intitulé des travaux : Enchaînement de procédés additifs-soustractifs pour la réalisation de composants de précision en polymères chargés**

**Cadre de travail : Stratégie de recherche de l'équipe PRISM du dép. Mécanique Appliquée de l'institut FEMTO-ST sur l'enchaînement des procédés de fabrication dans le contexte de l'industrie 5.0.**

Encadrement : Michaël Fontaine (directeur de thèse)  
Thierry Barrière (co-directeur de thèse)  
Alexandre Gilbin (co-encadrant)



**Problématique :**

L'équipe « Procédés de Fabrication et Interactions Surfaces et Matériaux » (PRISM) concentre actuellement son activité de recherche sur deux procédés de fabrication très complémentaires : l'impression 3D et l'usinage de précision. 1/ Pour l'impression 3D, il s'agit de maîtriser l'ensemble du process, en combinant l'expérimentation avec des simulations numériques, afin d'explorer des matériaux nouveaux innovants. 2/ En usinage de précision, il s'agit de comprendre la différence des phénomènes thermomécaniques de formation du copeau lors du changement d'échelle macro/micro, d'étudier les interfaces outil/matière, dans le but de maîtriser la durée de vie des outils, la qualité et l'intégrité des surfaces produites et l'impact économique et écologique. Ainsi, les enchaînements de procédés additifs/soustractifs combinent de nombreux verrous techniques et scientifiques qu'il faut lever en fonction des matériaux étudiés et des procédés enchaînés. L'intérêt est majeur pour l'industrie des pièces mécaniques de précision qui doit faire évoluer ses techniques de fabrication, notamment des pièces brutes, afin de rester agiles et compétitives. En effet, ces entreprises sont amenées à se diversifier de plus en plus et à répondre à des demandes de pièces très spécifiques en petites et moyennes séries. Les polymères chargés sont étudiés au DMA depuis plus de 10 ans avec une forte visibilité académique et de nombreuses collaborations industrielles. Leur production est abordée de la fabrication du feedstock jusqu'à l'obtention d'une pièce massive dense à la géométrie demandée, intégrant des charges telles que des fibres, naturelles ou non, ou encore des poudres métalliques. En usinage, tous les moyens et savoir-faire sont disponibles afin d'étudier l'usinabilité d'un matériau, aussi bien expérimentalement que par la

modélisation semi-empirique ou thermomécanique. La plateforme bisontine de fabrication mécanique MIFHySTO regroupe tous les moyens expérimentaux nécessaires. Les plateformes AMETISTE et MIMENTO fourniront les moyens d'observation complémentaires nécessaires (topomicroscopie, MEB). L'idée est donc d'aller jusqu'au bout de la chaîne de production de pièces à forte valeur ajoutée (d'une tolérance géométrique à 10 microns ou moins) en caractérisant le matériau à toutes les étapes de fabrication afin de déterminer le processus d'enchaînement optimal et l'usinabilité des matériaux cibles, à avoir des polymères (PP et PLA) chargés de fibres végétales courtes et de poudre métallique magnétocalorique.

### Travail attendu :

Le travail attendu consiste donc à étudier chaque étape de fabrication d'une pièce précise en polymère chargé et d'identifier les verrous techniques et scientifiques permettant d'optimiser l'enchaînement des procédés. Les critères de performance à considérer sont la qualité de la pièce finale (intégrité matière et de surface, durée de vie des outils coupants, mais aussi le temps, le coût et l'impact environnemental de la fabrication). Toutes les données recueillies alimenteront une base de données exploitable par intelligence artificielle afin de poser les premières pierres d'une approche heuristique ou méta-heuristique du choix de procédés basée sur l'intelligence artificielle.

Des méthodes de fabrication additives et soustractives (impression 3D FDM/EAM, fraisage 3 à 5 axes, micro-fraisage) seront mises en œuvre, mais aussi de caractérisation (rhéologie des polymères, essais mécaniques, impression instrumenté en pression et température, usinage instrumenté en efforts et température, essais de frottement, tomographie, topomicroscopie, reconstruction 3D, métrologie dimensionnelle, géométrique et d'état de surface). Des modèles numériques seront également mis à jour et utilisés afin d'étudier les phénomènes physiques mis en jeu lors de l'impression et de la coupe. Enfin, les différents essais sur machine seront l'objet de mesure de courants électriques et de débit pneumatique afin d'évaluer la consommation énergétique de chaque étape et approche.

### Valeur ajoutée de cette thèse pour le doctorant :

Ce travail enrichira considérablement les compétences technico-scientifiques de l'étudiant en instrumentation scientifique, en caractérisation et en modélisation thermomécanique à résolution numérique. Ces compétences sont très recherchées au niveau académique dans le domaine des procédés et permettront de publier rapidement les résultats. De plus, ces travaux constituent un préalable idéal à une insertion professionnelle dans le domaine de la recherche académique en procédés, aux métiers de l'enseignement supérieur ou à une position d'ingénieur R&D dans des entreprises spécialistes de mise en forme de pièces de précision, très représentées en Bourgogne Franche-Comté et en Suisse notamment pour les domaines du luxe, de la connectique ou du biomédical.

Il sera possible d'effectuer des heures d'enseignement au sein de l'Ecole Nationale Supérieure de Mécanique et des Microtechniques de Besançon ou de l'Université de Franche-Comté dans les domaines suivants, connexes au travail de thèse :

- Conception Mécanique et micromécanique

- Fabrication mécanique et micromécanique
- Métrologie
- Matériaux et surfaces

## Profil et compétences recherchées :

Nous cherchons une personne ayant suivi une formation d'ingénierie mécanique ou généraliste de niveau master 2 (idéalement orienté recherche), motivée, curieuse, intéressée par le domaine de la fabrication industrielle et des matériaux. Des connaissances et compétences minimales liées à la fabrication additive, à l'usinage et aux polymères sont requises, avec une expérience minimale dans la mise en application de logiciels éléments finis. Des connaissances et compétences liées à l'utilisation des machines-outils, à la mesure d'efforts, à la métrologie sans contact, à l'analyse micrographique des matériaux et à la modélisation numérique seraient un plus. Une bonne maîtrise de la langue anglaise est indispensable et une bonne maîtrise du français est préférable, en particulier si le candidat envisage de se former à l'enseignement en parallèle de la thèse.

## Pièces à fournir et procédure de recrutement :

Le candidat devra fournir les éléments suivants :

- Un CV à jour.
- Une copie d'une pièce d'identité.
- Une lettre de motivation présentant notamment le projet professionnel et les compétences liées au projet.
- Un relevé de notes de master et/ou de formation d'ingénieur, et la copie du diplôme si disponible.
- 1 à 2 lettre(s) de recommandation de personnes ayant suivi le candidat en projet.
- Un planning de disponibilité en vue des entretiens à considérer entre le 17 et le 25 mai 2022.
- Une copie de l'autorisation ZRR (accès aux zones à accès restrictif octroyé par un agent CNRS) déjà obtenue en amont le cas échéant (en master par exemple).

**Les dossiers complets sont à envoyer par courriel au format pdf avant le 16 mai 2022 (15 mai minuit). A partir de l'analyse des dossiers, des entretiens seront proposés à une sélection de candidats entre le 17 et le 25 mai 2022. L'entretien oral consistera en une présentation rapide de votre CV avec une présentation de l'adéquation de votre candidature avec le projet de thèse (10 min en tout). Ensuite**

l'encadrement posera des questions (prévoir un créneau d'1h minimum). La décision sera effectuée et remontée à l'école doctorale SPIM de l'UBFC pour le 28 mai 2022.

### Contacts & Informations :

Thierry Barrière

Tél : (+33) 3. 81.66.60.75

Courriel : [thierry.barriere@univ-fcomte.fr](mailto:thierry.barriere@univ-fcomte.fr)

Michaël Fontaine

Tél : (+33) 3.81.66.67.21

Courriel : [michael.fontaine@ens2m.fr](mailto:michael.fontaine@ens2m.fr)