



## Programme

### Interdisciplinarité et Fabrication Additive

1<sup>er</sup> juin 2022, Institut Jean Lamour, Nancy

#### 8h30-9h : Accueil

#### 9h : Divergence/Convergence en fabrications additives : créativité et mises en partage

S. Blanquer (\*), P. Cinquin (\*\*), S. Lefebvre (\*\*\*), A. Dufour (iv\*), S. Kenzari (v\*), F. Demoly (vi\*) et J.C. André (iv\*)

(\*) ICGM – UMR 5253 CNRS – UM – ENSCM – Montpellier, (\*\*) TIMC – UMR 5525 CNRS – UGA – Vetagro Sup – Grenoble INP – Grenoble, (\*\*\*) LORIA – URM 7503 CNRS – UL – INRIA – Vandœuvre-lès-Nancy, (iv\*) LRGF – UMR 7274 CNRS – UL – Nancy, (v\*) IJL – UMR 7198 CNRS – UL – Nancy, (vi\*) ICB – UMR 6303 CNRS – UBFC – Sévenans

Avec une vertèbre lésée, on pourrait penser à associer des matériaux biologiques et synthétiques, pour mimer un matériau composite qui subirait le durcissement des os (comme après la naissance). Soit ! Mais alors, il pourrait être avantageux de fabriquer une machine robotisée pour déposer le matériau (si l'on est à l'extérieur du corps sur une blessure vive) ou encore mieux des microrobots, transitant par le sang, commandés par l'extérieur qui iraient se détruire en se minéralisant et se stabilisant à la bonne place et dans la forme finale souhaitée ! Cette idée « simple » impose cependant de nouveaux procédés 3/4D, des matériaux à concevoir et à mettre en forme, à les faire se mouvoir, des modes originaux biologiquement acceptés de déplacement, des vérifications des dépôts, le tout sous la « surveillance » complice du corps médical, etc. Comment appeler cela si ce n'est qu'il s'agit d'une aventure interdisciplinaire exaltante (et utile), nécessitant la convergence de savoirs aujourd'hui fortement disjoints.

Or, à l'expérience, chaque scientifique fait « sa petite cuisine sur son petit fourneau » et il est difficile, dans ces champs où la complexité règne, où les cultures sont différenciées, de faire émerger des actions réellement interdisciplinaires parce que la recherche est soumise à la pression du temps, au New Public Management et qu'on attend plus des chercheurs qu'ils produisent plutôt qu'ils exploitent leur imagination. La connaissance du réel et du possible est une chose, mais il faudrait enfin sortir de l'incrémental frileux pour créer un futur répondant aux grands enjeux imposés à la Société. La disruption attendue est à ce prix !

Nous y sommes prêts ! Chiche !

Et, avec le réseau des mécaniciens, on va vous convaincre que ça vaut vraiment le coup !

*« Une profession ayant des finalités pratiques est un bienfait pour un Homme comme moi ; une carrière académique oblige les jeunes chercheurs à avoir une production scientifique, et seuls de solides caractères peuvent résister à la tentation de recherches superficielles » (A. Einstein).*

#### 9h30 : Polymère pour la santé de la 3D à la 4D

T. Brossier, N. Toshikj, T. Ben Khaled, V. Lapinte, S. Blanquer

Institut Charles Gerhardt de Montpellier (ICGM – UMR 5253 CNRS – UM – ENSCM – Montpellier)

Le développement de matériaux polymères multifonctionnels en fabrication additive reste encore un défi d'actualité. Pourtant, le matériau utilisé est d'une importance cruciale dans l'efficacité de la fabrication mais aussi dans l'influence sur les propriétés de l'objet fabriqué. Sur la base de cette exigence, le développement des matériaux dit « intelligents » a permis de rendre vivante l'impression 3D, donnant ainsi naissance à la technologie d'impression 4D. En utilisant des matériaux polymères dynamiques, l'impression 4D offre des perspectives révolutionnaires pour les technologies de demain. Tout particulièrement dans cette vision disruptive, le développement de dispositifs médicaux intelligents, fait sur mesure et programmables fabriqués par la technologie d'impression 4D jouera un rôle majeur en biomédecine.

#### 10h : Interactions laser – poudre – zone fondue en L-PBF. Application à la fabrication additive du cuivre pur avec 2 longueurs d'onde différentes

P. Peyre (\*), G. Nordet (\*), C. Gorny (\*), F. Coste (\*), A. Effernelli (\*\*), E. Blanchet (\*\*)

(\*) Laboratoire Procédés et Ingénierie en Mécanique et Matériaux (PIMM – UMR 8006 CNRS – Arts et Métiers – CNAM, Paris)

(\*\*) ADDUP, 5 Rue Bleue, Cébazat

La fabrication additive par laser du cuivre pur reste un challenge important avec les sources laser usuelles, en raison de sa faible absorptivité dans le proche IR (autour de 5 % à l'état solide), et de sa forte diffusivité thermique. Les travaux

présentés illustrent la mise en œuvre couplée : (1) d'expériences dédiées permettant de mesurer les propriétés d'absorption laser en cours de fabrication L-PBF à la fois dans l'IR (1.07  $\mu\text{m}$ ) et dans le vert (0.515  $\mu\text{m}$ ) avec des lasers de forte puissance (1 kW), (2) de fabrications 3D permettant de comparer les longueurs d'onde utilisées. Les résultats obtenus ont permis de mieux comprendre la spécificité du procédé L-PBF appliqué au cuivre pur et de valider des conditions optimales de densification.

### **10h30 : Pause**

### **11h : Amélioration de la productivité du procédé Laser Powder Bed Fusion : effet de la distribution granulométrique de la poudre et des paramètres de fabrication**

P. Bourot, [P. Laheurte](#)

Laboratoire d'Études des Microstructures et de Mécanique des Matériaux (LEM3 – UMR 7239 CNRS – Université de Lorraine – Arts et Métiers – Metz)

Au cours de la dernière décennie, l'intérêt industriel pour le processus de fabrication additive (FA) par fusion sur lit de poudre laser (LPBF) a considérablement augmenté et la technologie est en bonne voie pour une production à grande échelle et sur des pièces de plus grandes dimensions. Pour augmenter la productivité, nous explorons plusieurs pistes telles que la distribution granulométrique des poudres avec l'utilisation de poudre d'acier inoxydable 316L bimodales, l'épaisseur de couche ainsi que les paramètres de lasage. Leurs effets respectifs sur l'étalement et l'homogénéité du lit de poudre ainsi que sur la santé matière des pièces sont présentés. Pour cette dernière, la stratégie de lasage et la position sur le plateau définiront les limites du domaine d'étude.

### **11h30 : Conception avancée pour l'impression 4D : vers une feuille de route**

[F. Demoly](#) (\*), J.C. André (\*\*)

(\*) Laboratoire Interdisciplinaire Carnot de Bourgogne (ICB – UMR 6303 CNRS – UBFC – Sévenans), (\*\*) Laboratoire Réactions et Génie des Procédés (LRGP – UMR 7274 CNRS – UL – Nancy)

Les avancées scientifiques dans le domaine de la fabrication additive et des matériaux actifs ont fait émerger en 2013 un nouveau domaine de recherche interdisciplinaire : l'impression 4D. Cette technologie permet de réaliser des objets intégrant des capacités prometteuses de changement de propriétés et/ou de formes sous une stimulation énergétique. En considérant ces capacités, des chercheurs associés à de multiples disciplines ont étudié un grand nombre d'associations stimuli-matériaux actifs avec des preuves de concept construites à partir d'imprimantes 3D commerciales ou personnalisées. Malgré l'abondance des initiatives, l'impression 4D nécessite des développements supplémentaires pour répondre aux attentes d'applications de systèmes robustes pour l'industrie. Cette présentation vise à mettre en évidence l'état d'avancement, les obstacles inhérents et les défis de l'impression 4D qui doivent être déjà résolus du point de vue de la conception des produits et des systèmes. Elle rappelle tout d'abord les principes fondamentaux des matériaux actifs, des procédés de fabrication additive utilisés et le rôle des stimuli, puis présente une synthèse des travaux de recherche majeurs liés à l'impression 4D, tout en soulignant les limites scientifiques, techniques et organisationnelles. Au-delà de cette analyse, la présentation met l'accent sur les opportunités et les défis sous de multiples angles et dessine une feuille de route scientifique intégrative pour la conception.

### **12h : Orienter la matière : algorithmes de génération de trajectoires selon des champs de directions**

[S. Lefebvre](#), Équipe MFX

Laboratoire lorrain de Recherche en Informatique et ses Applications (LORIA – URM 7503 CNRS – Université de Lorraine – INRIA – Vandœuvre-lès-Nancy)

Un intérêt majeur de la fabrication additive est de pouvoir librement sculpter l'intérieur des volumes. Lorsque les architectures, ou les matériaux eux-mêmes, présentent un comportement anisotrope (qui varie selon différentes directions) la direction de dépôt peut significativement impacter le comportement des pièces lors de déformations. Nos travaux s'intéressent à utiliser ces propriétés pour provoquer des déformations contrôlées au sein des pièces. Nos algorithmes génèrent des trajectoires de solidification qui respectent les contraintes procédés, tout en permettant d'orienter librement les trajectoires selon des champs de directions. Cette présentation reviendra sur nos derniers résultats ainsi que leurs applications potentielles.

### **12h30 : Quelques exemples d'objets 4D activables**

F. Bauche, Q. Perrin, N. Vennin, A. Cohadon, T. Hauet, [S. Kenzari](#)

Institut Jean Lamour (IJL – UMR 7198 CNRS – Université de Lorraine)

L'activation via différents stimuli d'objets imprimés en 3D pour leur faire prendre vie, ou changer leur fonction, devient progressivement une réalité palpable ouvrant de nouvelles perspectives applicatives. Quelques preuves de concepts récentes seront présentées, notamment celles basées sur la magnéto-activité.

**13h00 : Inauguration de la Plateforme d'Elaboration Additive (PEA)**

**13h30 : Repas**

**14h30 : Circuit de visites de la Plateforme PEA et de l'IJL**

**17h : Fin de la journée**