



## Avis de Soutenance

Madame Alicia ANNOVAZZI

Présentera ses travaux en soutenance

Soutenance prévue le **lundi 07 décembre 2020** à 10h00  
Lieu : UTBM Site de Sevenans Rue de Leupe 90400 SEVENANS  
Salle : P228

Titre des travaux : Contribution à l'étude : interaction laser-matière à différentes pressions résiduelles - Application au procédé micro-fusion laser sur lit de poudre.

Ecole doctorale : SPIM - Sciences Physiques pour l'Ingénieur et Microtechniques

Section CNU : 62

Unité de recherche : Laboratoire Interdisciplinaire Carnot de Bourgogne

Directeur de thèse : Nour-Eddine FENINECHE

Codirecteur de thèse : Lucas DEMBINSKI  HDR  NON HDR

Soutenance :  Publique  A huis clos

Membres du jury :

<u>Nom</u>	<u>Qualité</u>	<u>Etablissement</u>	<u>Rôle</u>
M. Nour-Eddine FENINECHE	Professeur des Universités	Université Bourgogne - Franche-Comté	Directeur de thèse
Mme Salima BOUVIER	Professeur des Universités	UNIVERSITÉ DE TECHNOLOGIE DE COMPIEGNE	Rapporteure
M. Pascal LAHEURTE	Professeur des Universités	UNIVERSITÉ LORRAINE	Rapporteur
M. Tibériu MINEA	Professeur des Universités	UNIVERSITÉ PARIS-SUD	Examineur
M. Gilles WALRAND	Directeur scientifique industriel	AddUp	Co-directeur de thèse
M. Lucas DEMBINSKI	Maître de conférences	Université Bourgogne - Franche-Comté	Co-directeur de thèse

**Mots-clés :** Fabrication additive, Fusion laser, Atmosphère contrôlée, Vide primaire, Instabilités, Alliage de titane

## Résumé de la thèse (en français) :

Le procédé de micro-fusion sur lit de poudre par faisceau laser (LBM) et par faisceau d'électrons (EBM) sont deux procédés de fabrication additive permettant la réalisation de pièces métalliques. L'intense densité d'énergie fournie par ces deux sources permet la fusion locale de la matière formant ainsi un bain liquide, qui se solidifie après refroidissement. Ce changement d'état, qui se déroule sur des temps très courts, induit de complexes phénomènes thermodynamiques. Chacun de ces procédés offre des avantages qu'il serait intéressant de combiner. De ce fait, une combinaison des deux technologies a été investiguée. Le procédé EBM nécessitant un vide poussé dans l'enceinte de travail, l'enjeu de cette thèse repose donc sur l'étude de la fusion laser à faible pression environnante. Outre la combinaison recherchée, la fusion laser sous vide peut s'avérer intéressante dans l'amélioration de la santé matière des pièces, en particulier pour des matériaux sensibles à l'oxygène. Cependant, une nette diminution du rendement du procédé est observée. Ce travail de thèse s'articule en deux parties : a) En premier lieu, une étude expérimentale de la fabricabilité d'échantillons à différentes pressions a été réalisée. Pour des paramètres de fabrication identiques, il en ressort qu'une diminution significative de la densification des échantillons est obtenue lors de la fabrication à faibles pressions. Les paramètres densité d'énergie volumique et vitesse de déplacement du laser ont dû être alors adaptés en fonction de la pression environnante utilisée. b) La seconde partie a été consacrée à l'explication des mouvements du bain liquide qui ont évolué en fonction de la pression résiduelle. A cet effet, une caméra rapide a permis de montrer les importantes instabilités présentes dans le lit de poudre par la zone de dénudation, et le bain liquide par sa morphologie, pour certains paramètres laser. Ces phénomènes ont été d'autant plus observés pour des pressions résiduelles inférieures à 30 mbar. Enfin, le pré-frittage du lit de poudre dans le but d'effectuer un recuit "in-situ" des matériaux étudiés, a montré un effet bénéfique lors de l'interaction laser-matière sous vide. Une amélioration de la qualité de fusion et une augmentation du rendement de fabrication ont été alors démontrées.

## Abstract (in English):

The laser beam melting (LBM) and electron beam melting (EBM) processes are two additive manufacturing technologies allowing the production of metallic parts. The intense energy density provided by the power supply is sufficient in order to melt the material creating a molten pool, and will solidify after cooling. This change of phase which takes place in a very short time, induced complex thermodynamics phenomena. Each of the processes offer advantages that could be interesting to be combined. Hence, a combination of the two technologies has been investigated. The EBM process requiring a rough vacuum in the work chamber, the issue of this work is based on the study of the laser melting at low pressure. Besides the intended combination, the selective laser melting under vacuum pressure can be attractive with the aim of improving the material integrity, in particular on the oxygen-sensitive materials. However, a clear decrease of the process efficiency has been observed. This work includes two parts: a) Firstly, an experimental study of samples fabricability at different pressures conditions is observed. For the same manufacturing parameters, a significant decrease of samples densification is observed in rough vacuum. The parameters volumetric energy density and the laser displacement speed have to be adapted in function of the chamber pressure. b) The second part is an attempt to explain the molten pool motion which change depending on the pressure. This can be achieved with a fast cam allowing the observations of strong instabilities in the powder bed with the denudation zone, and the molten pool with the morphology, for specific laser parameters. These phenomena are more important for residual pressures under 30 mbar. Then, a powder bed pre-sintering for the purpose of "in-situ" annealing of the materials studied, has shown the beneficial effect during the interaction laser-powder under vacuum. Improvement melt quality and increased manufacturing efficiency have been achieved.